

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
РАДІОТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ**

До захисту допущено:  
В.о. зав.кафедри  
\_\_\_\_\_ Михайло СТЕПАНОВ  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Дипломний проєкт  
на здобуття ступеня бакалавра  
за освітньою-професійною програмою «Інтелектуальні технології  
мікросистемної радіоелектронної техніки»  
за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»  
на тему: «Пристрій позиціонування сонячної панелі»**

Виконав:

студент IV курсу, групи РІ-81

Манойленко Володимир Іванович

Керівник:

Ст. викладач, к.т.н., Зінгер Яна Леонідівна

Рецензент:

Доцент, к.т.н., Піддубний Володимир Олексійович

\_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент

Київ – 2022 року

## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4	PI81. 468331.001 ПЗ	Пояснювальна записка	42	
2	A4	PI81. 468331.001 СК	Специфікація на пристрій	1	
3	A3	PI81. 468331.001 ЕЗ	Схема електрична принципова	1	
4	A4	PI81. 468331.001 ПЕ	Перелік елементів	1	
5	A2	PI81. 468331.001 СК	Складальний кресленик пристрою	1	
6	A3	PI81.468331.001 СК	Складальний кресленик друкованої плати	1	
7	A4	PI81. 468331.002 СК	Специфікація на друкований вузол	2	
8	A4	PI81.758723.001	Друкована плата	1	
9	A2	PI81.735352.002	Основа	1	
10	A3	PI81.735355.003	Кришка	1	

				<b>PI81.468331.001</b>		
	ПБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Манойленко В.І.			<b>Відомість дипломного проєкту</b>	Лист	Листів
Керівн.	Зінгер Я.Л.				1	1
Н/контр.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф.ПРЕ,Гр. PI-81	
Зав.каф.	Степанов					

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Радіотехнічний факультет**  
**Кафедра прикладної радіоелектроніки**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 172 Телекомунікації та радіотехніка

Освітньо-професійна програма «Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. зав.кафедри

\_\_\_\_\_ Михайло СТЕПАНОВ

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проєкт студенту**

**Манойленко Володимир Іванович**

1. Тема проєкту «Пристрій позиціонування сонячної панелі», керівник проєкту Зінгер Яна Леонідівна, к.т.н., старший викладач, затверджені наказом по університету від «01» Червня 2022 р. №822

2. Термін подання студентом проєкту 09 червня 2022 року

3. Вихідні дані до проєкту Напруга живлення 12В, модульність конструкції, вологозахист IP66, діапазон робочих температур -40 — 40 °С

4. Зміст пояснювальної записки Вступ, Аналіз ринку, Синтез схеми пристрою, Розробка друкованого вузла та конструкції пристрою, Розрахунки що підтверджують працездатність.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) Схема електрична принципова, кресленик друкованої плати, кресленик кришки, кресленик основи, кресленик друкованого вузла, плакат.

6. Дата видачі завдання 01 травня 2022 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Огляд існуючих рішень	06.05 – 08.05	Виконано
2	Розробка та аналіз технічного завдання	09.05 – 14.05	Виконано
3	Обґрунтування та вибір схемотехнічного рішення	15.05 – 19.05	Виконано
4	Вибір та обґрунтування елементної бази	20.05 – 22.05	Виконано
5	Проектування електронного модуля	23.05 – 26.05	Виконано
6	Проектування приладу	27.05 – 28.05	Виконано
7	Аналіз працездатності приладу	29.05 – 30.05	Виконано
8	Оформлення текстової та графічної документації	30.05 – 03.06	Виконано

Студент

Володимир МАНОЙЛЕНКО

Керівник

Яна ЗІНГЕР

## АНОТАЦІЯ

Дипломний проект складається з пояснювальної записки обсягом 42 сторінок, що містить 32 ілюстрацій, 4 таблиць, 5 креслень, 4 додатків та 23 посилань.

Метою даного дипломного проекту є розробка пристрою позиціювання сонячної панелі. Основним призначенням даного приладу є виявлення оптимального положення сонячної панелі у просторі, для максимізації генерації енергії. У проекті був проведений огляд аналогів, враховуючі їх переваги та недоліки було обрано принцип роботи та елементна база. Було синтезовано схему електричну принципову, розроблено друковану плату та конструкцію. Щоб довести корисність приладу, наведені розрахунки які показують збільшення коефіцієнту корисної дії сонячної панелі.

Пристрій призначений для використання як на вулиці так й у приміщеннях. Монтаж здійснюється як на вертикальні так і на горизонтальні поверхні. Наявна можливість регулювання мінімального куту зміщення спрацьовування приладу.

Ключові слова: трекер, датчик, сонячний, панель, позиціювання, стеження, автоматизація, енергія, генерація, електростанція.

## **ANOTATION**

The diploma project consists of an explanatory note of 42 pages, containing 32 illustrations, 4 tables, 5 drawings, 4 additions and 23 references.

The purpose of this project is to develop a device for positioning the solar panel. The main aim of this device is to identify the optimal position of the solar panel in space to maximize energy generation. The project reviewed the analogues, taking into account their advantages and disadvantages, the principle of operation and the element base were chosen. The principal electrical scheme was synthesized, PCB and construction are worked out. To prove the usefulness of the device, the calculations show an increase in the efficiency of the solar panel.

The device is designed for both outdoor and indoor use. Installation is carried out both on vertical, and on horizontal surfaces. It is possible to adjust the minimum offset angle of the device.

Key words: tracker, sensor, solar, panel, positioning, tracking, automation, energy, generation, power plant.

# **ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

## **до дипломного проекту**

на тему: «Пристрій позиціювання сонячної панелі»

Київ — 2022 року

## ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	10
Вступ.....	11
1 Аналіз ринку .....	12
1.1 Огляд аналогів на ринку.....	12
1.1.1 SOLARSAN.....	12
1.1.2 СОНЯХ.....	13
1.1.3 Саморобка.....	14
1.1.4 Саморобка на ARDUINO та RASPBERRY .....	15
1.1.5 DYKBmetered .....	15
1.1.6 Порівняння характеристик.....	16
2 Синтез схеми пристрою.....	19
2.1 Структурна схема.....	19
2.2 Синтез схеми електричної принципової.....	19
2.3 Обґрунтування вибору елементної бази та матеріалів.....	22
2.3.1 Мікросхеми.....	22
2.3.2 Резистори .....	24
2.3.3 Діоди.....	26
2.3.4 Роз'єми .....	26
2.3.5 Вибір матеріалів .....	26
3 Розробка друкованого вузла та конструкції пристрою .....	28
3.1 Розробка друкованої плати .....	28
3.1.1 Обґрунтування класу точності .....	28
3.1.2 Обґрунтування розмірів друкованої плати .....	28

					<i>PI81.468331.001 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Парфьонов Г.В.</i>			<i>Пристрій позиціювання сонячної панелі</i>	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перев.</i>		<i>Зінгер Я. Л.</i>				1	42	
<i>Н. Контр.</i>					<i>PI-81 РТФ</i>			
<i>Затв.</i>		<i>Степанов</i>						



3.1.3 Розрахунок мінімальної ширини провідника по постійному струму.....	29
3.1.4 Розрахунок мінімальної ширини провідника за допустимим падінням напруги .....	30
3.1.5 Розрахунок елементів друкованого монтажу.....	30
3.1.6 Обґрунтування типу друкованої плати.....	31
3.1.7 Обґрунтування вибору припою та паяльної пасти.....	32
3.2 Розробка електронного модуля .....	32
3.3 Розробка конструкції пристрою .....	34
4 Розрахунки що підтверджують працездатність .....	42
4.1 Розрахунки ККД пристрою .....	42
Висновки .....	45
Передік джерел посилань .....	47
Додаток А. Специфікація на друкований вузол.....	50
Додаток Б. Специфікація на пристрій.....	52
Додаток В. Перелік елементів.....	53
Додаток Г. Розрахунки .....	55

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ДП — Друкована плата

ДДП — Двостороння друкована плата

ККД — Коефіцієнт корисної дії

МК — Мікроконтролер

СК — Склотекстоліт фольгований

СЕС — Сонячна електро станція

SMD — Технологія монтажу на поверхню

					<i>РІ81.468331.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>3.</i>

## ВСТУП

У сучасному світі спостерігаються тенденції не характерні минулому століттю. В сфері добутку електроенергії відбувається революція, все більше країн переходять на так звані «зелені джерела енергії». Через значну складність у виготовленні, вищою ціною за одиницю енергії перед «класичними електростанціями», їх розповсюдження відбувається переважно в розвинутих країнах, або в особливих місцях з винятковими умовами.

Одним із інструментів вирішення проблеми вартості електроенергії є підвищення ККД станції. «Зелені» електростанції в залежності від принципу генерації енергії мають унікальні конструкції, тому нема універсального рішення збільшення ККД.

Є декілька методів збільшення ККД сонячних панелей: очищення панелі від бруду та пилу, застосування збиральної лінзи, розташування панелі за нормаллю до сонця і так далі. У даному дипломному проекті розглядається допоміжний пристроєм автоматичного позиціювання панелі за сонцем. Існуючі рішення на ринку розраховані на великогабаритні, та важкі збірки з 30-40 панелей, що робить їх недоступними для більшості споживачів.

В проекті саме зосереджено увагу на автоматичне позиціювання панелі за сонцем для малопотужних та легких сонячних панелей. Пристрій відокремлюється простотою конструкції, малими габаритами та сучасним дизайном.

					<i>РІ81.468331.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		4.

# 1 АНАЛІЗ РИНКУ

## 1.1 Огляд аналогів на ринку

На сучасному ринку не дивлячись на популярність сонячної енергетики, продукція яка може підвищити ККД панелей, не нараховує багато пристроїв. Також спостерігається ігнорування простих споживачів які хочуть використовувати енергію сонця не в промислових масштабах.

### 1.1.1 SOLARSAN

Сонячний трекер українського виробництва «SOLARSAN» зображений на рис. 1.1

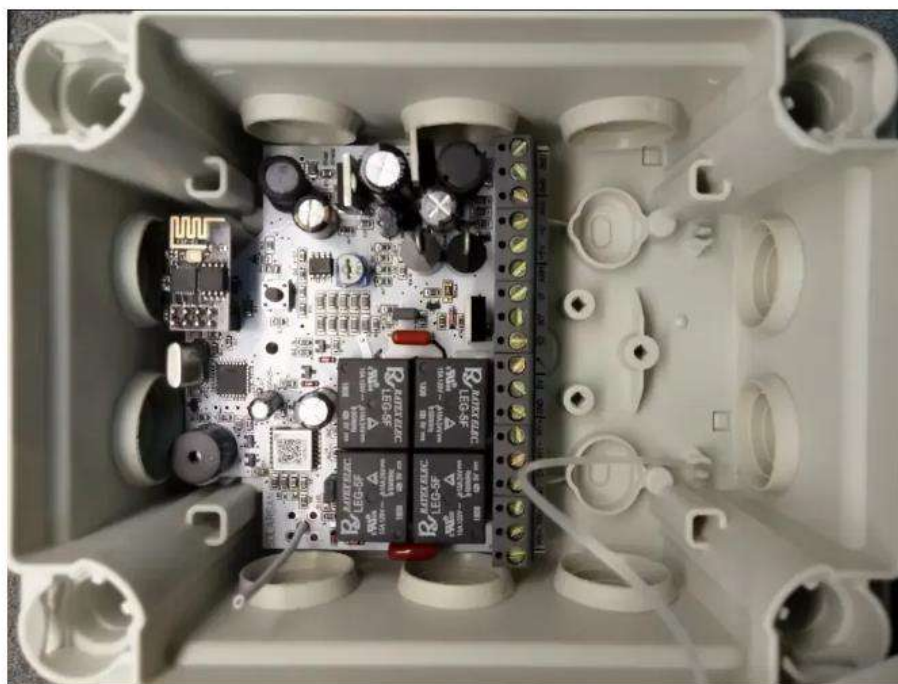


Рисунок 1.1 — SOLARSAN

Комплекс стеження за сонцем, який використовує астрономічний алгоритм. Вбудований GPS – приймач п'ятого покоління. За допомогою «SOLARSAN» можна орієнтувати сонячні концентратори, колектори чи панелі під прямим кутом до сонячного світла. Управління здійснюється за допомогою актуаторів або поворотних приводів в одній чи двох площинах та має точність один градус. Модуль має вхід для підключення «анемометра» для захисту від сильного вітру, вхід «латчика граду та снігу»

					<i>PI81.468331.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5.

та вхід «фото-датчика» для режиму сну за низької сонячної активності. Підключення флюгера, а також вбудоване безперебійне джерело живлення. Вбудований модуль WiFi дозволяє конфігурувати трекер через WEB сторінку по локальній мережі або через точку доступу. MQTT брокер дозволяє керувати та отримувати дані через мережу інтернет по всьому світу. Живлення від 12В до 30В захист короткого замикання. Корпус IP66 дозволяє встановлювати сонячний трекер просто неба [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

### 1.1.2 СОНЯХ

Сонячний трекер українського виробництва «СОНЯХ» зображений на рис. 1.2



Рисунок 1.2 — СОНЯХ

Контролер сонячного трекера «СОНЯХ» — це активна система стеження за сонцем, яка має фотометричний датчик і виконує автоматичну орієнтацію сонячних панелей (батареї, колекторів, концентраторів) в оптимальне положення максимальної освітленості, в "точку максимальної потужності".

					<i>PI81.468331.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		6.

Ви отримуєте автоматичний захист панелей за датчиками вітру, граду і що дуже приємно — автоматичне скидання снігу взимку [1].

### 1.1.3 Саморобка

Сонячний трекер на рис. 1.3 не є серійним варіантом, а був знайдений на просторі відеохостінгу «YouTube».

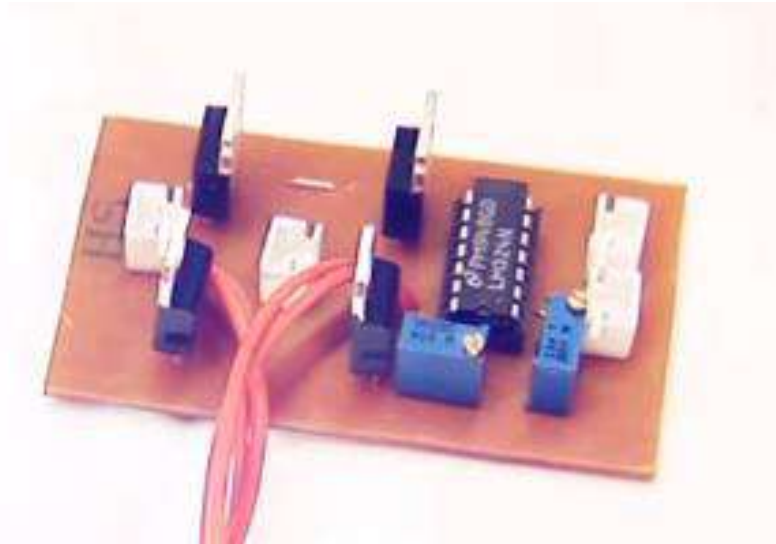


Рисунок 1.3 — Саморобка від Тяп Ляп

Контролер стеження за сонцем від «Тяп Ляп» — це активна система стеження за сонцем, яка має фоторезистори датчик і виконує автоматичну орієнтацію сонячних панелей (батареї, колекторів, концентраторів) в оптимальне положення максимальної освітленості, в "точку максимальної потужності".

Чутливість приладу можна налагодити за допомогою двох змінних резисторів. З'єднання датчиків з платою реалізовано через роз'єми. Конструкція та елементна база проста й надійна [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

### 1.1.4 Саморобка на ARDUINO та RASPBERRY

В інтернеті багато саморобок сонячних трекерів заснованих на таких продуктах як ARDUINO та RASPBERRY.

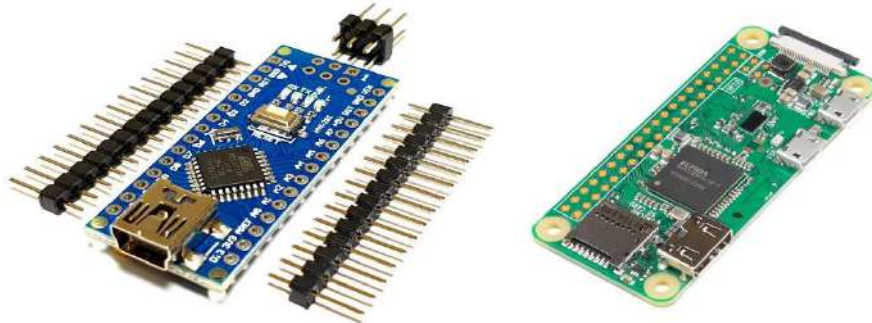


Рисунок 1.4 — ARDUINO UNO та RASPBERRY PI ZERO

Такі саморобки нескладні у виробництві та прості для споживача завдяки своїй модульності. При необхідності без великих проблем можливо під'єднати додаткові датчики. Трекер може бути виконаний як на фотометричних датчиках, або за принципом астрономічного алгоритму [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

### 1.1.5 DYKBmetered

Сонячний трекер китайського виробництва на рис. 1.5.

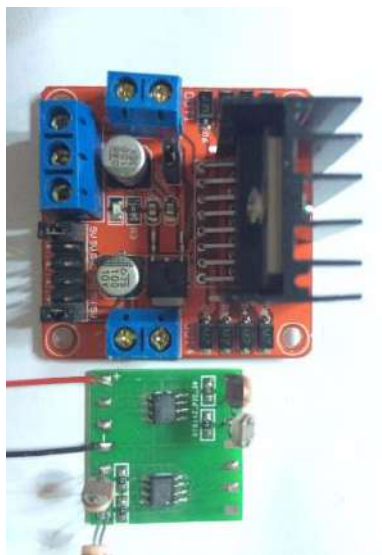


Рисунок 1.5 — DYKBmetered

Сонячний трекер у будь-який момент тримає сонячну панель обличчям до сонця, можна застосовувати до всіх пристроїв, які використовують сонячну енергію.

У трекері використовується блок живлення 12В. Моторний привід L298N безпечний і надійний. Продумана схема вирішує проблему коливання критичної точки. Режим очікування мікросхеми надзвичайно економний.

Наступного дня він автоматично повернеться до напрямку сонця. Дуже зручний і стабільний у використанні. Робота в режимі очікування дуже економна. Статичний струм в режимі очікування становить близько 50мА, а струм активації L298N не є проблемою в межах 2А [5].

### 1.1.6 Порівняння характеристик

Для зручного порівняння зазначених трекерів на ринку зведемо загальні характеристики до таб. 1.1.

Таблиця 1.1 — Порівняльна таблиця характеристик та цін аналогів

Характеристика	SOLA-RSUN	СОНЯХ	DYKB-metered	Саморобка	Саморобка на ARDUINO та RASPBERRY
Корпус	Є	Є	-	-	-
Датчик вітру	Є	Є	-	Опціонально можливий	Опціонально можливий
Датчик граду	Є	Є	-	Опціонально можливий	Опціонально можливий
Барометр	Є	Є	-	Опціонально можливий	Опціонально можливий



Храктеристика	SOLARSUN	СОНЯХ	DYKB-metered	Саморобка	Саморобка на ARDUINO та RASPBERRY
Живлення	12В – 30В	8В – 30В	12В	9В – 15В	7В – 12В
Волого захищеність	IP66	IP66	-	-	-
Принцип роботи	Астрономічний	Оптичний	Оптичний	Астрономічний Оптичний	Астрономічний Оптичний
Зв'язок с телефоном	Є	Є	-	Опціонально можливий	Опціонально можливий
Країна виробник	Україна	Україна	Китай	-	-
Ціна	3850 грн - 6900 грн	4880 грн	406 грн	Від 248 грн	Від 561 грн – до 2866 грн
Гарантія	5 років	3 роки	14 днів	-	-

Вище зазначені продукти можна розділити на промислові та споживчі рішення. SOLARSUN та СОНЯХ відносяться до промислових рішень, для великих та важких сонячних панелей. Додатково обладнані датчиками котрі повністю автоматизують СЕС, та залишається лише обслуговувати працездатність електроніки. Обидва з цих пристроїв мають корпус з пластику який забезпечує волого та пилозахист. Для зручності використання, та простоти збору інформації для цих систем є програма у смартфоні. Гарантія на такі пристрої від 3 до 5 років.

						<i>РІ81.468331.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			<i>10.</i>

Наявні два алгоритми стеження за сонцем, астрономічний та оптичний. Астрономічний — залежності від широти довготи пори року ми маємо різні траєкторії руху сонця. Для встановлення потрібної саме нам використовується GPS та внутрішній годинник, завдяки чому навіть при хмарному небі панель буде чітко повернута до сонця.

Оптичний — алгоритм роботи таких систем доволі простий, завдяки світлочутливим елементам по краям панелі отримується сигнал, котрий порівнюється з іншим сигналом, й у випадку розбіжності між ними панель виконує поворот.

Для широкого споживача трекер доступний від китайського виробника, або зібрати його власноруч, або на базі ARDUINO UNO та RASPBERRY PI ZERO. Але слід їх віднести до так званих напівфабрикатів, потрібні навички та знання щоб зібрати всю схему до купи. Також потрібно самому сконструювати корпус та налагодити систему.

Усі рішення представлені на ринку мають пряму систему живлення від сонячної панелі через контролер заряду. Таким чином непотрібно збирати окрему схему та ємності для живлення даних пристроїв, вони просто з'єднуються вже з існуючою системою.

Найбільша різниця в ціні між промисловим обладнанням та споживчим. Але слід зазначити, що саморобки на базі ARDUINO UNO та RASPBERRY PI будуть більш дорогі ніж повністю саморобні схеми, та китайських аналогів.

					<i>PI81.468331.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>11.</i>

## 2 СИНТЕЗ СХЕМИ ПРИСТРОЮ

### 2.1 Структурна схема

Структурна схема пристрою наведена на рис. 2.1.

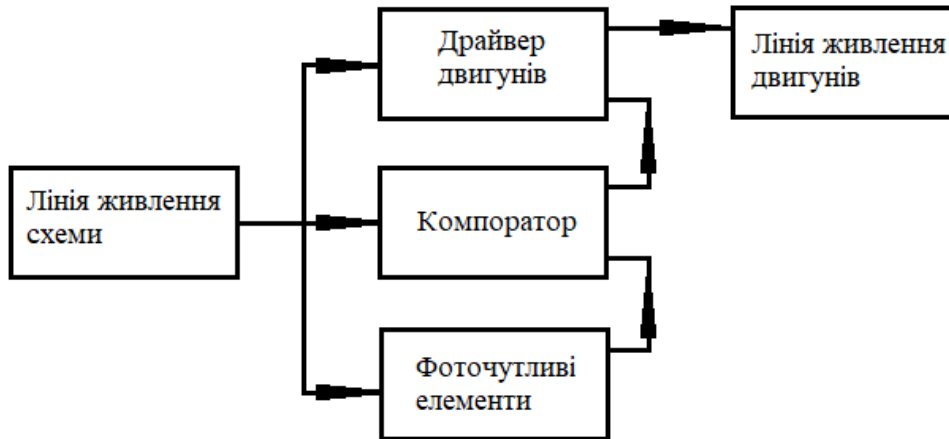


Рисунок 2.1 — Структурна сема

Лінія живлення трекера з'єднується з виходом 12В контролеру заряду, що робить цю схему активною лише у момент генерації енергії. Першим чутливим елементом пристрою є фоторезистори вони змінюють свій опір в залежності від освітленості. Компаратор порівнює отримані сигнали та подає сигнал далі по лінії на входи драйвера двигунів, який в свою чергу вже подає живлення на останніх.

### 2.2 Синтез схеми електричної принципової

Класичною та найуживанішою схема сонячного трекера на рис. 2.2[6]. Датчиками освітленості являються два фоторезистори, на середній точці, на яких має бути половина від напруги живлення при однаковій їх освітленості. З середньої точки напруга надходить на входи операційних підсилювачів, які порівнюватимуть напругу з напругою від резистивного дільника напруги на R1, R2, R4, який підключений до других входів мікросхеми. Мікросхема є здвоєним компаратором.

					PI81.468331.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12.

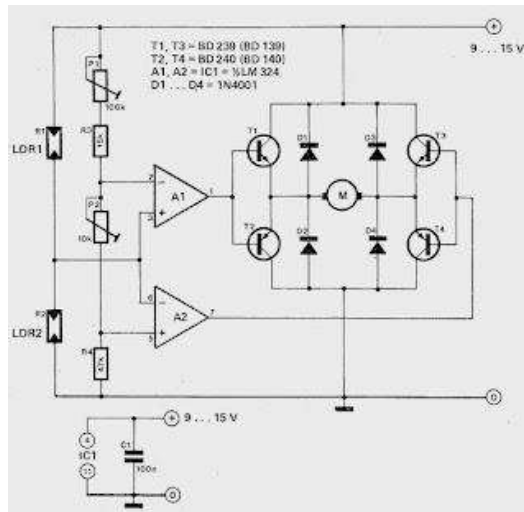


Рисунок 2.2 — Оптичний принцип

З виходу мікросхеми напруги надходять на мостовий драйвер управління двигуном постійного струму. Залежно від того, який фоторезистор більше буде освітлений, мотор буде крутитися в той чи інший бік, відповідно через приводний механізм сонячна панель крутитиметься в ту чи іншу сторону за сонцем.

Оскільки рух сонця підпорядковується математичним формулам, це дає змогу прорахувати точну траєкторію. Схема рис. 2.3[7] базується на тому, що в певний проміжок часу рахує координати світила.

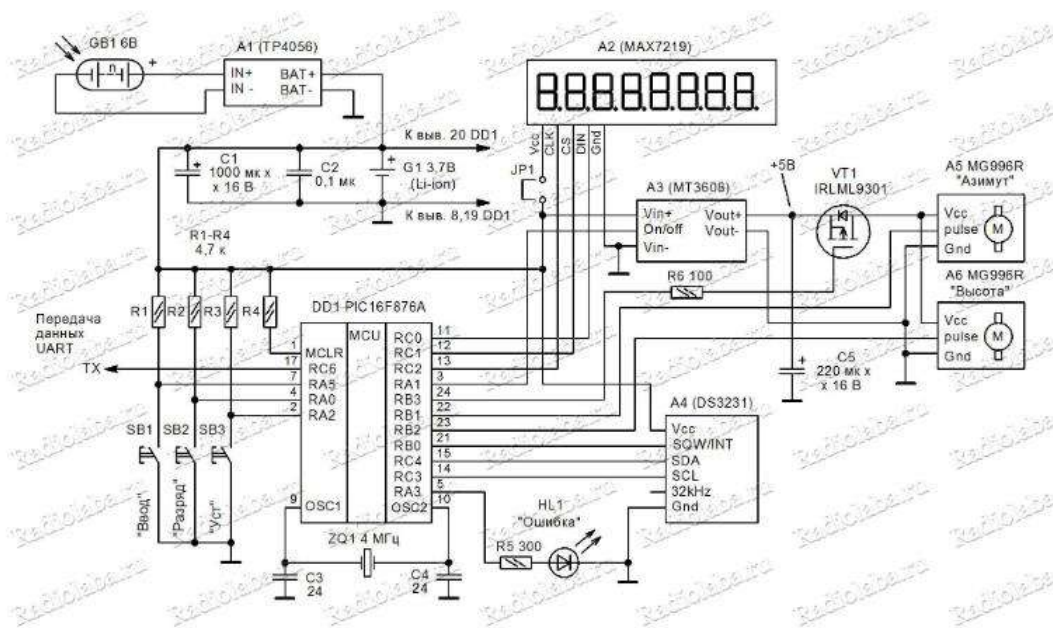


Рисунок 2.3 — Астрономічний принцип

Схема побудована на мікроконтролері PIC16F876A, який має значний обсяг пам'яті, і містить безліч периферійних модулів. Вся конструкція живиться від Li-ion акумулятора, який відповідно заряджається від сонячної батареї через модуль на основі мікросхеми TP4056, це спеціалізований контролер заряду Li-ion акумуляторів. Для визначення поточного часу та дати у схемі використовується модуль годинника реального часу DS3231. Годинник досить точний, догляд часу становить  $\pm 2$  хвилини на рік. Для відображення параметрів використовується цифровий індикатор на драйвері MAX7219.

Незалежно від погодних умов пристрій буде забезпечувати точне позиціонування панелі за сонцем. Завдяки тому що схема є програмованою, можливо реалізувати побічні корисні функції, такі як: очищення від снігу, повернення в початкову позицію, діагностичне положення.

Мікроконтролер, мікросхеми, Li-ion батарея збільшують собівартість продукції. Така компонентна база за рахунок своєї складності уступає у відмовостійкості та ремонтпридатністю порівняно з оптичним рішенням.

Схема рішення яке задовольняє сьогоденній ринок побудоване за оптичним принципом та рухається по двох осях рис.2.4 працює наступним чином: коли LDR2 отримує більше світла, ніж LDR1, він пропонує більш низький опір, ніж LDR1, забезпечуючи високий сигнал на операційних підсилювачах A1 і A2 на контактах 4 і 7 відповідно. В результаті вихідний контакт 1 ОП A2 переходить в високий рівень, щоб повернути двигун M1 в одному напрямку, скажімо, проти годинникової стрілки, і повернути сонячну панель. Коли LDR1 отримує більше світла, ніж LDR2, він створює більш низький опір, ніж LDR2, даючи низький вхідний сигнал ОП A1 і A2 на контактах 4 і 7 відповідно. Оскільки напруга на виводі 5 ОП A1 тепер вище, ніж напруга на його виводі 4, його вихідний сигнал на виводі 2 стає високим. В результаті двигун M1 обертається, скажімо, за годинниковою стрілкою, і сонячна панель обертається.

					<i>PI81.468331.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		14.

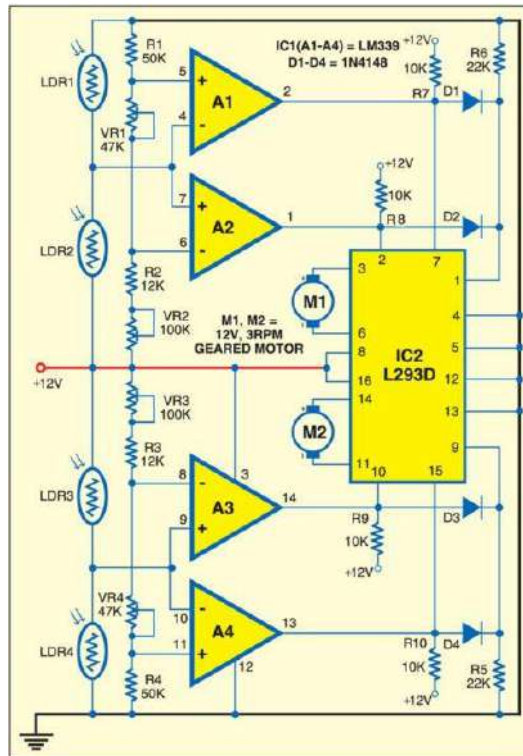


Рисунок 2.4 — Схема ЕЗ позиціювання панелі за сонцем

Коли LDR3 отримує більше світла, ніж LDR4, він пропонує більш низький опір, ніж LDR4, забезпечуючи високий сигнал на операційних підсилювачах A4 і A3 на контактах 10 і 9 відповідно. В результаті вихідний контакт 1 ОП A2 переходить в високий рівень, щоб повернути двигун M2 в одному напрямку, скажімо, проти годинникової стрілки, і повернути сонячну панель. Коли LDR4 отримує більше світла, ніж LDR3, він створює більш низький опір, ніж LDR3, даючи низький вхідний сигнал ОП A4 і A3 на контактах 10 і 9 відповідно. Оскільки напруга на виводі 11 ОП A4 тепер вище, ніж напруга на його виводі 10, його вихідний сигнал на виводі 13 стає високим. В результаті двигун M2 обертається в зворотному напрямку, скажімо, за годинниковою стрілкою, і сонячна панель обертається[8].

## 2.3 Обґрунтування вибору елементної бази та матеріалів

### 2.3.1 Мікросхеми

Для нашої схеми потрібен компаратор котрий забезпечує швидкодію роботи, має запас по допустимим значенням сили струму та напруги (для

зменшення термонавантаження с хеми і уникнення використання засобів відведення тепла що в свою чергу збільшило б схему). Значним фактором завжди є поширеність елементної бази, тому вибір впав на компаратор LM339D у корпусі SOIC-14[9].



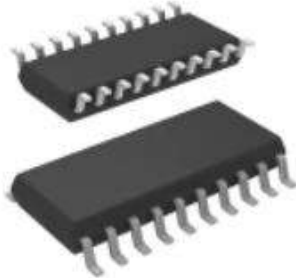
Рисунок 2.3 — LM339D у корпусі SOIC-14

Зупинимося на найпростішому драйвері керування двигунами, виконаному у вигляді повністю готової до роботи мікросхеми. Ця мікросхема називається L293DD і є однією із найпоширеніших мікросхем, призначених для цієї мети.

L293DD містить відразу два драйвери для керування електродвигунами невеликої потужності (чотири незалежні канали, об'єднані в дві пари). Має дві пари входів для сигналів, що управляють, і дві пари виходів для підключення електромоторів. Крім того, L293DD має два входи для включення кожного з драйверів.

Ці входи використовуються для керування швидкістю обертання електромоторів за допомогою широтно модульованого сигналу (ШІМ)[9].

### L293DD (ST) - Мікросхеми - Драйвери двигунів



#### L293DD

Код товару: 31048

Виробник: ST  
 Корпус: SO-20  
 Vc, V: 36 V  
 Vss, V: 36 V  
 Iout(peak), A: 0,6(1,2) A  
 T on/off, ns: 750/200 ns  
 Примітка: 4 кан



Технічний опис L293DD

Рисунок 2.4 — L293DD у корпусі SO-20

### 2.3.2 Резистори

Для даної схеми обраний фоторезистор

PGM5649D оскільки вона є найбільш економічною і відповідає необхідним вимогам[9].

### PGM5649D (Token) - Активні компоненти - Фотодіоди, фототранзистори, фоторезистори



#### PGM5649D

Код товару: 107662

Виробник: Token  
 Vceo, V: 150 V  
 Спектр\_пик., nm: 560 nm  
 Додатково: Потужність 100 мВт; Опір 50... 160 кОм; Темновий опір 1.0 МОм; Монтаж: ТНТ  
 Тип: Фоторезистор

Рисунок 2.5 — Фоторезистор PGM5649D

Для вибору резисторів необхідно керуватися параметрами резистора і застосуванням їх в схемі . В даній схемі можливе використання резисторів SMD з корпусом 1206 для сигнальних ліній та 2512 для силових. Для зменшення ризиків поставки компонентів обираємо резистори від одного виробника Hitano. При великих об'ємах це знизить собівартість та надасть впевненість у якості продукції[9].

					<i>PI81.468331.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>17.</i>






	12 kOhm 5% 0,25W 200V 1206 (RC1206JR-12K-Hitano) (резистор SMD) (Hitano) >> Код товару: 2184
	22 kOhm 5% 0,25W 200V 1206 (RC1206JR-22KR-Hitano) (резистор SMD) (Hitano) >> Код товару: 4584
	51 kOhm 5% 0,25W 200V 1206 (RC1206JR-51KR-Hitano) (резистор SMD) (Hitano) >> Код товару: 2193
	10 kOhm 1% 1W 2512 (RC2512FK-10KR-Hitano) (Hitano) >> Код товару: 112360

Рисунок 2.6 — SMD резистори

Для більш чіткої наладки пристрою використовуємо багатооборотні вивідні підстрочні резистори у корпусі 3296X. Що дозволить у майбутньому налаштувати потрібну різницю рівнів сигналу до спрацьовування[9].

Фото	Назва
	100 kOhm 3296X (KLS4-3296X-104) (KLS) >> Код товару: 151259
	47 kOhm 3296X (KLS4-3296X-473) (KLS) >> Код товару: 151267

Рисунок 2.7 — Підстроєчні резистори

### 2.3.3 Діоди

Діоди можна вибирати будь які малопотужні кремнієві. У схемі можна використовувати діоди типу 1N4148W вони є найбільш економічними і задовільняють необхідні вимоги[9].



Рисунок 2.8 — Діод у корпусі SOD-123

### 2.3.4 Роз'єми

DG126-5.0 — роз'єм використовуємо для подачі вхідної напруги, для комутації ДК та елементів котрі встановлюються поза корпусом пристрою. Такі як мотори, фоторезистори[9].

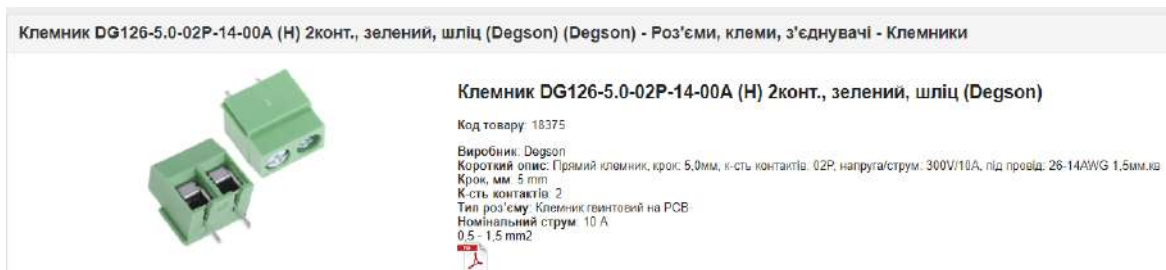


Рисунок 2.9 — Роз'єм

### 2.3.5 Вибір матеріалів

склотекстоліт FR-4-35/35-1.5. Склотекстоліт має високу механічну міцність, термостійкість, низькі втрати, високий поверхневий опір. Товщина міді 35мкм забезпечить комфортне трасування плати порівняно з 17мкм, та забезпечить вигрaш у ціні порівняно з 50мкм.

					<i>PI81.468331.001 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		19.

Для уникнення електрохімічної міграції в якості захисного покриття використаємо універсальний лак для друкованих плат PVB60-50ML. Утворює ізолюючий шар, що захищає від впливу таких атмосферних факторів, як волога, окислення, пил, хімічне забруднення. Добре тримається на металевих, пластикових, поверхнях. Утворює покриття, стійке перед впливом розчинів кислот, спирту, атмосферних факторів

Можна виконувати пайку через шар лаку. Запобігає іскріння і коронарні розряди. Обмежує пробіи між доріжками.

					<i>PI81.468331.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>20.</i>

## 3 РОЗРОБКА ДРУКОВАНОГО ВУЗЛА ТА КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ

### 3.1 Розробка друкованої плати

#### 3.1.1 Обґрунтування класу точності

За точністю виконання елементів конфігурації ДП діляться на п'ять класів точності. Оскільки сучасні виробництва виробляють плати від 4-го класу точності, то виберемо саме його, плата не потребує високої точності має не щільний монтаж та широкі доріжки. Таке рішення зменшить кількість витрачених коштів на одиницю товару.

#### 3.1.2 Обґрунтування розмірів друкованої плати

Для визначення площі плати треба розрахувати мінімальну площу, що відповідає загальній площі всіх елементів кожної сторони, тобто елементів поверхневого монтажу та вивідних елементів окремо. Тож розрахуємо площу всіх елементів користуючись виразом 3.

$$\sum_{k=1}^n S \cdot n \cdot k, \quad (3.1)$$

де  $S$  — площа фудпринту;  $n$  — кількість елементів;  $k$  — коефіцієнт значення якого змінюється від кількості виводів,  $k = 1$  при 2 виводах,  $k = 1,5$  при 2 — 8 виводах,  $k = 2$  при 8 і більше виводах. Виходячи з отриманої елементної бази користуємося формулою 3.1 та заносимо данні до таб. 3.1.

Таблиця 3.1 — Площа елементів

	Елементи	Площа	Кількість	Коеф.	Площа* коеф.* кіль.	Загальна площа
1	CONNECTOR	92,1	7	1	644,7	1758,5
2	DIOD SMD1N4149 SOD123	9,7	4	1	38,8	
3	RESISTOR SMD2512	38	4	1	152	

					<i>PI81.468331.001 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		
						21.

	Елементи	Площа	Кількість	Коеф.	Площа* коэф.* кіль.	Загальна площа
4	POTENSIOMETR VR1 3296X-1-102LF	64,5	4	1,5	387	
5	RESISTOR SMD1206	13	6	1	78	
6	L293DD	156	1	2	312	
7	LM339 SOIC-14	73	1	2	146	

Оскільки для розмірів ДП нам потрібно урахувати площу відведені під монтажні отвори, на виході отримаємо площу 2160 мм<sup>2</sup>

### 3.1.3 Розрахунок мінімальної ширини провідника по постійному струму

Для виконання розрахунків з високою точністю використовувалась програма Mathcad.

За наступною формулою отримаємо мінімальне значення провідника:

$$t = \frac{I}{hj}, \quad (3.2)$$

де  $t$  — мінімально допустима ширина провідника з урахуванням допустимаого рівня струму;  $I$  — максимальній струм;  $h$  — товщина фольги;  $j$  — допустима щільність струму в провіднику. Розрахуємо для двох випадків, сигнальних провідників та силових. Максимальний струм силових провідників не перевищує 1,2А. Максимальний струм сигнальних провідників не перевищує 2,5мкА. Згідно значення допустимої густини струму при найгірших умовах дорівнює 20 А/мм<sup>2</sup>,  $h=35$ мкм. Звідси ширина доріжки силового провідника  $t_{pwr} = 1,7$ мм, та сигнального  $t_{sgnl} = 0,35$ мм.

					<i>PI81.468331.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		22.

### 3.1.4 Розрахунок мінімальної ширини провідника за допустимим падінням напруги

За наступною формулою отримаємо мінімальне значення провідника:

$$t = \frac{IPl}{hU}, \quad (3.3)$$

$U$  — допустиме падіння напруги на провіднику. Задамо  $U=0,15\text{В}$ .  $l$  — довжина провідника. За результатами трасування протяжність найдовшого провідника не перевищує  $0,05\text{м}$ . Звідси ширина доріжки силового провідника  $t_{pwr} = 1\text{мм}$ , та сигнального  $t_{sgnl} = 0,3\text{мм}$ ,

Мінімально можлива ширина друкованого провідника у вузькому місці ДП складає  $0,4\text{мм}$ , мінімальна відстань між провідниками і контактною площиною у вузькому місці  $0,25\text{мм}$  що відповідає четвертому класу точності рисунка ДП.

### 3.1.5 Розрахунок елементів друкованого монтажу

Розрахуємо розміри контактних майданчиків для елементів поверхневого монтажу за формулою:

$$Dk = Dv + 0,3, \quad (3.4)$$

де  $Dk$  — розміри контактних майданчиків;  $Dv$  — розміри виводів.

Отримані значення наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 — Розміри для елементів поверхневого монтажу

Назва елемента	$Dv$	$Dk$
Резистор 1 Вт	3,4 x 0,8	3,7 x 1,1
Резистор 0,25 Вт	1,7 x 0,7	2 x 1
Діод	0,9 x 0,9	1,2 x 1,2
Компоратор	1,3 x 0,5	1,6 x 0,8
МК	1,3 x 0,5	1,6 x 0,8

Розрахуємо діаметри отворів для вивідних елементів за формулою:

$$Do = Dv + 0,2, \quad (3.5)$$

де  $D_o$  — розміри отворів для вивідних елементів. Розрахуємо розміри контактних майданчиків для вивідних елементів за формулою:

$$D_k = D_o + 2/3D_o. \quad (3.6)$$

Отримані значення наведено в таблиці 3.3

Таблиця 3.3 — Розміри для вивідних елементів

Назва елемента	$D_v$	$D_o$	$D_k$
Підстроєчний резистор	0,5	0,7	1,9
Фоторезистор	0,6	0,8	1,7
Конектор	0,6	0,8	1,7

### 3.1.6 Обґрунтування типу друкованої плати

Дана плата має невелике число елементів, але через те, що присутні вивідні габаритні елементи, логічним кроком для зменшення розмірів плати буде вибір двосторонньої ДП. Таким чином можна розмістити ту ж кількість елементів у двічі меншому просторі, що забезпечить компактність виробу та зменшить його вагу. Також варто зазначити що на ринку сьогодні двосторонній ДП через більші об'єми є дешевший ніж односторонній.

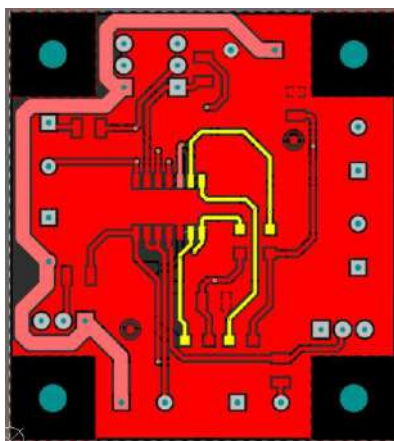


Рисунок 3.1 — Топологія шару Top

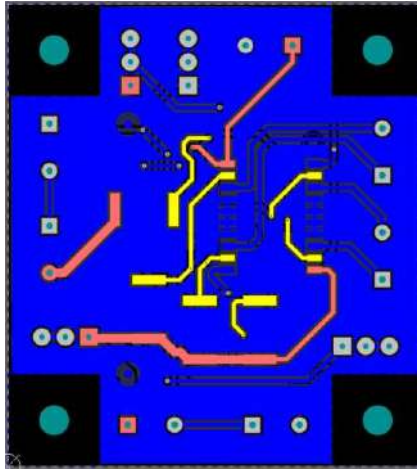


Рисунок 3.2 — Топологія шару Bottom

### 3.1.7 Обґрунтування вибору припою та паяльної пасти

Паяльна паста SPu-97/3 містить спеціальний припій (85-90%), який при пайці створює міцний поверхневий натяг і не стікає з поверхні металу, створюючи надійне з'єднання.

Припій SN99,3CU0,7, 1,0MM не містить свинцю, він є більш екологічно чистим варіантом, ніж припій на основі свинцю. Дотримання запобіжних заходів може захистити працівників від отруєння свинцем, але екологічні переваги безсвинцевого припою виходять далеко за межі складального заводу. Компоненти, виготовлені з безсвинцевого припою, придатні для вторинної переробки, на відміну електроніки, виготовленої з припою з урахуванням свинцю.

## 3.2 Розробка електронного модуля

Надійне кріплення плати є простою, але важливою річчю. Для ДВ обрано кріплення на 4 точки по вуглах плати, що забезпечить жорстку фіксацію ДП. Розташування вивідних компонентів виконано з однієї сторони, таке рішення більш дешеве у виробництві, оскільки монтаж здійсниться за 1 прохід на конвеєрній лінії. Також плюсом такого виконання є простота збірки та обслуговування.

					<i>PI81.468331.001 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		25.



Всі виводні елементи розташовані по краям ДП, через те що необхідно забезпечити доступ до конекторів таким чином, щоб провідники було зручно встановлювати у роз'єм та не заважали один одному. Підстроечні резистори мають регулювальний гвинт який розташований з бічної сторони корпусу, тобто через конструктивні особливості зумовлено розположення резисторів на ДП. З особливостей розташування елементів поверхневого монтажу лише оптимальне розміщення багатовиводних елементів таких як компаратор та драйвер двигунів, для забезпечення оптимального трасування ДВ. Готовий результат зображений на рис. 3.3.

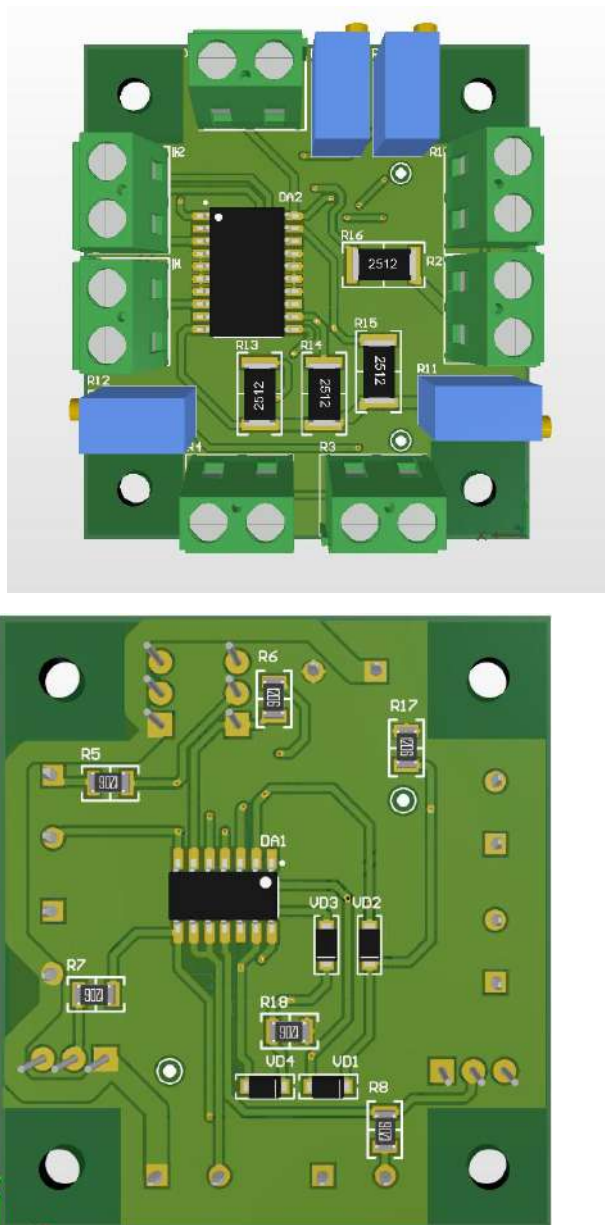


Рисунок 3.3 — 3D вигляд плати

					<i>P181.468331.001 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		26.

### 3.3 Розробка конструкції пристрою

Існуючі рішення корпусів для ДП є універсальні, тому необхідно кожен раз доробляти їх під свій пристрій. Для зменшення габаритів та оптимізації виробництва приладу доцільно розробити власний корпус у програмному середовищі SolidWorks.

Для початку необхідно визначитися з матеріалами котрі підходять для даного корпусу. Доступність, гідрофобність, довговічність основні вимоги котрі стали вирішальними. Корпус може збиратися серійно так й одиночно.

Для серійного виробництва підходить метод лиття під тиском, а для одиночного друк на 3D-принтері. Вище перераховані вимоги задовольняє PETG (ПЕТГ) – скорочення від поліетилентерефталат-гліколь, високо ударостійкий пластик із поліетилентерефталату з додаванням гліколю (за міжнародним позначенням PET-G). Завдяки модифікації, PETG (ПЕТГ) при нагріванні не кристалізується, що уможливорює глибшу витяжку при термоформуванні.

Пристрій обов'язково буде зазнавати впливу зовнішніх факторів, й для кращої герметизації використовується прокладка зображена на рис. 3.4 з силікону який має унікальні якості: висока тепло-морозостійкість, стійкість до дії кисню. Силіконові прокладки стійкі до впливу морської та прісної води. Властивості силікону не змінюються під впливом сонячного світла та повітря, силікон не токсичний.

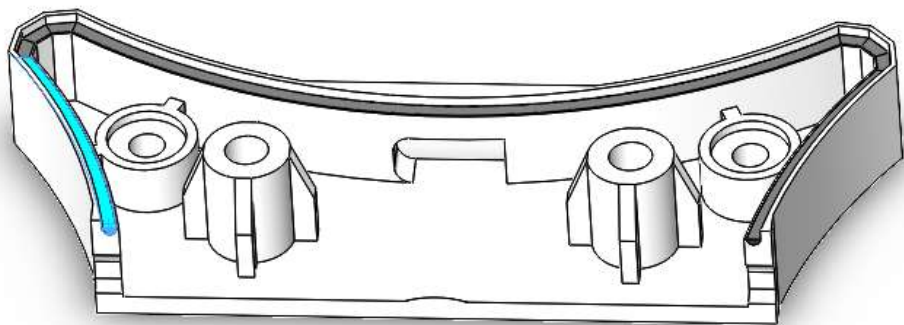


Рисунок 3.4 — Силіконова прокладка в посадочному місці

Різьба в пластику швидко псується, а її відсутність призводить до руйнування стійки з поганою подальшою фіксацією. Для усунення цієї проблеми використовується латунна закладна гайка М3. На етапі виробництва її запресовують до стійки рис. 3.5.

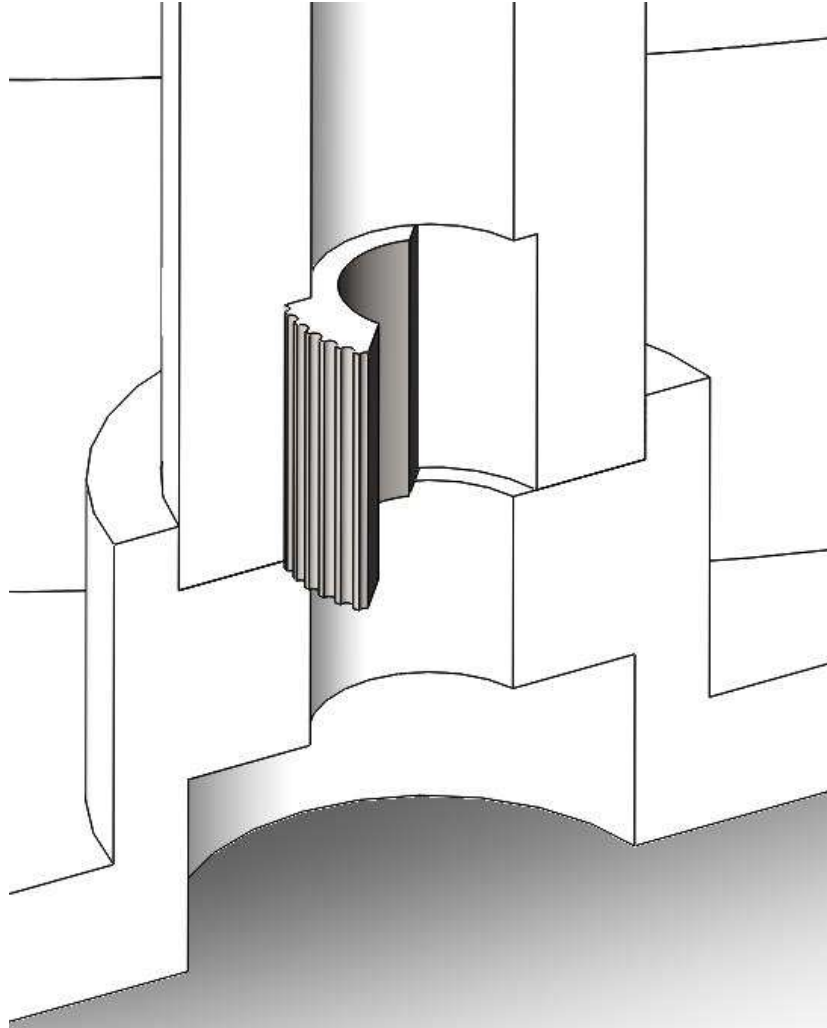


Рисунок 3.5 — Запресована закладна гайка

Модульність конструкції збільшує ремонтпридатність пристрою, з такою метою розроблені посадочні місця під роз'єми ХТ30-М/Ф-8 на рис. 3.6 котрі з'єднують виводні елементи пристрою, герметизуються силіконом.

					<i>PI81.468331.001 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		28

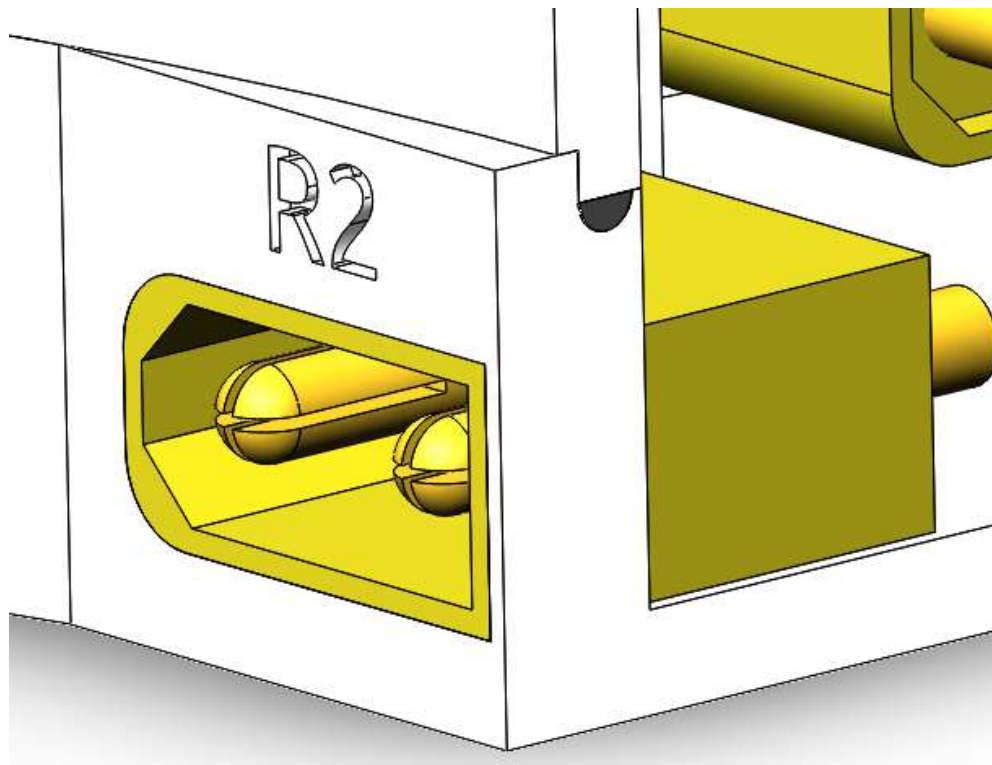


Рисунок 3.6 — Роз'єм встановлений до корпусу

Фіксація ДП в корпусі, та кришки відбувається завдяки нержавіючим гвинтам М3, це додатково захистить наш пристрій від впливу корозії  
рис. 3.7.

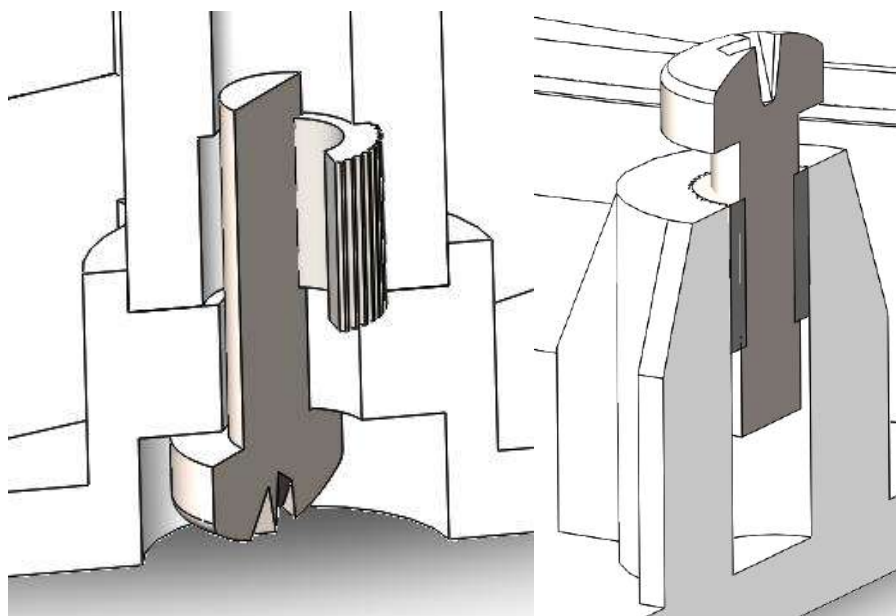


Рисунок 3.7 — Місця гвинтового кріплення

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

P181.468331.001 ПЗ

Лист  
29.

Для зменшення впливу опадів кришка на рис. 3.8 пристрою заокруглена. Таке рішення збільшує внутрішній простір, покращує зовнішній вигляд виробу.

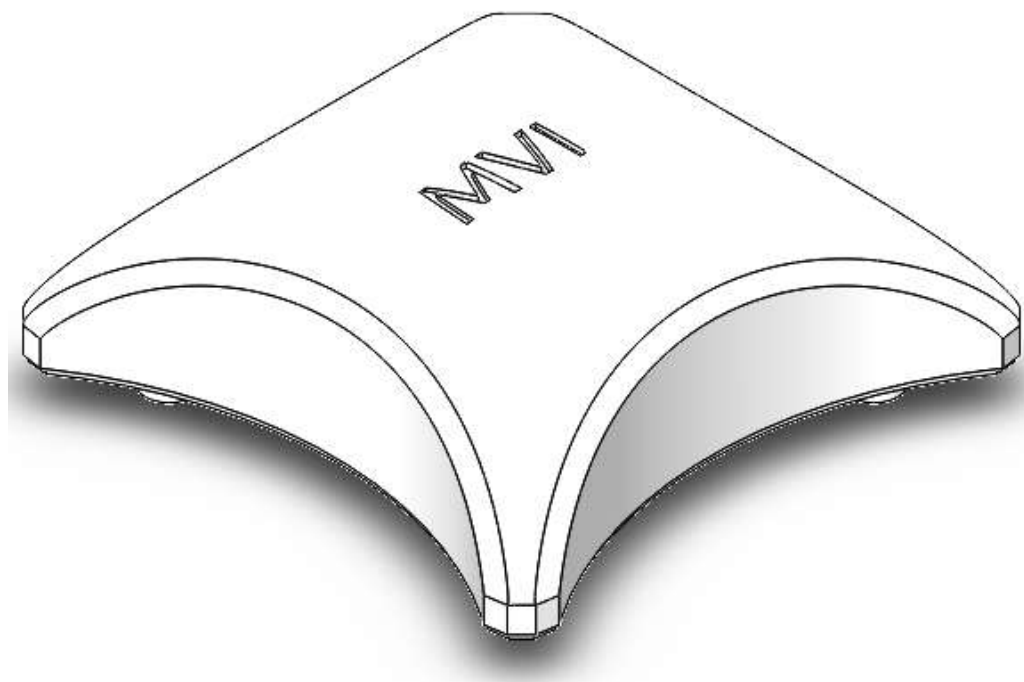


Рисунок 3.9 — Вид зверху на кришку

Міцність окремих елементів корпусу є дуже важливим фактором. Щоб уникнути виламування верхньої та нижньої стійки на рис. 3.10, та збільшити загальну жорсткість кришки та корпусу стійки з'єднані перемичками що йдуть на всю довжину.

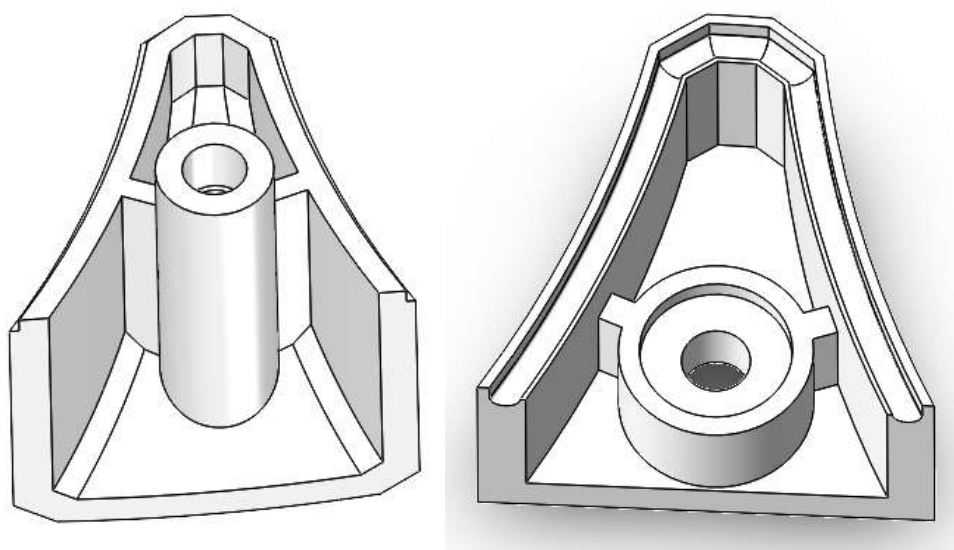


Рисунок 3.10 — Сійка верхня

Щоб уникнути виламування стійок плати, зображені на рис. 3.11, з 4-х сторін розташовані підтримки.

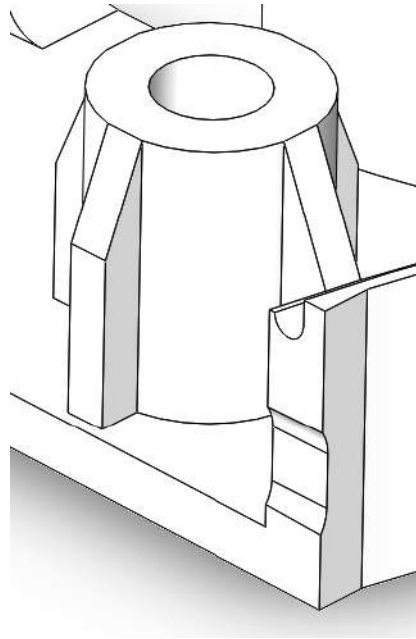


Рисунок 3.11 — Стійка плати

Кріплення кришки з дном для кращого зовнішнього вигляду відбувається знизу, але звідси з'являється проблема що фактично корпус стоїть на гвинтах, а не на своїй основі. Рішення цього нюансу просте і лаконічне, сховати шляпку гвинта у корпусі як на рис. 3.12

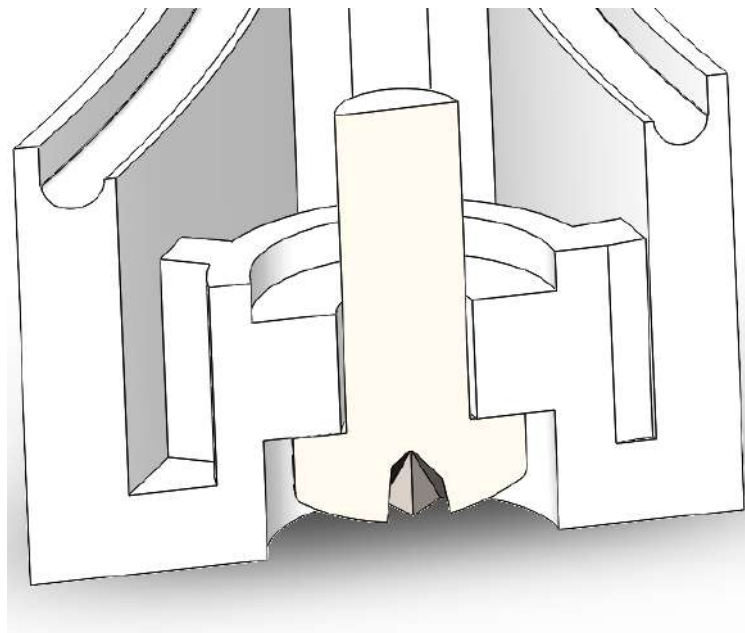


Рисунок 3.12 — Потайна комірка для гвинта

Кріплення корпусу до поверхні реалізовано завдяки потайної комірки для саморізу чи гвинта М4 зображено на рис. 3.13. При горизонтальному(рис. 3.14) кріпленні таке рішення забезпечить захист від здвигів, а при вертикальному монтажі, надійно зафіксує виріб. Рішення кріплення корпусу до поверхні шляхом фіксації дна гвинтами не реалізовано, це розгерметизує корпус.

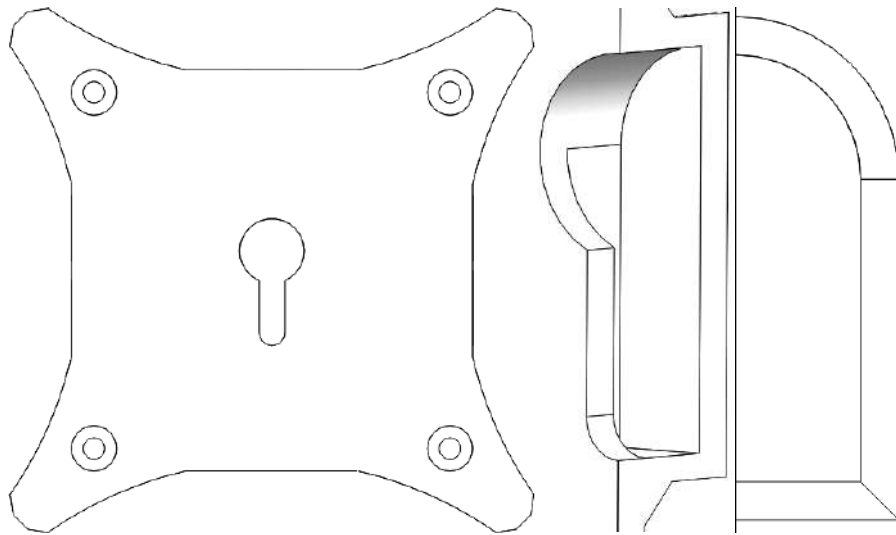


Рисунок 3.13 — Потайна комірка для фіксації

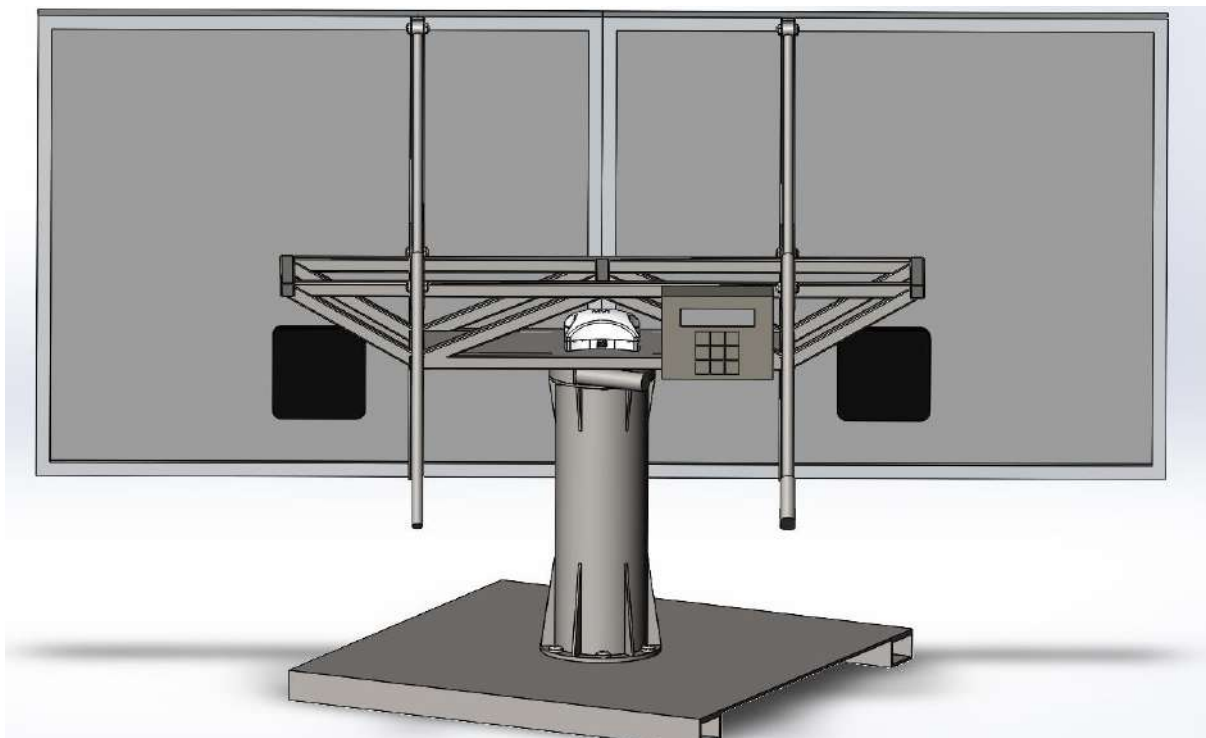


Рисунок 3.14 — Приклад встановлення пристрою

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

*PI81.468331.001 ПЗ*

Лист  
32.

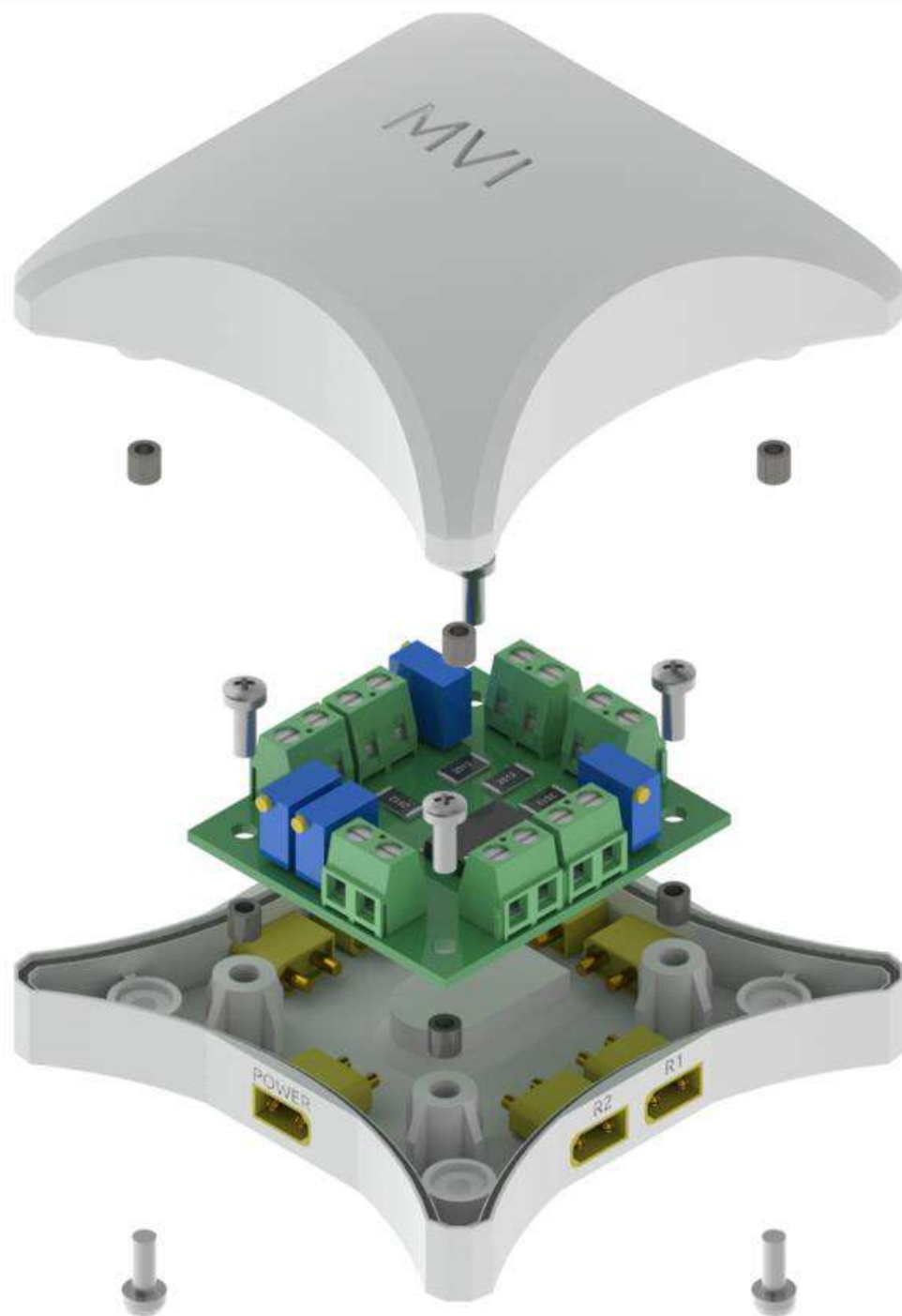


Рисунок 3.15 — Топологія пристрою

На рис. 3.15 зображена топологія пристрою, де детально показано кожен елемент, та місце його кріплення. .

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

PI81.468331.001 ПЗ

Лист  
33.



Таблиця 3.4 — Основні параметри корпусу

Тип корпусу	Висота	Ширина	Довжина	Маса	Матеріал
Закритий, герметичний	35мм	110мм	110мм	0.3кг	Пластик PETG



Рисунок 3.16 — Зібраний прилад

Результатом проведеної роботи являється корпус зображений на рис. 3.16. На кришці приладу виштампувані ініціали виробника, а над роз'ємами підписано їх призначення.

## 4 РОЗРАХУНКИ ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ

### 4.1 Розрахунки ККД пристрою

Данні для розрахунків ККД 2-х осьового трекера обрані станом на 1 червня 2022 року. Для того щоб дізнатися скільки енергії отримує панель скористаємося наступною формулою[11]:

$$W_n = S \cdot E, \quad (4.1)$$

де  $W_n$  — потужність випромінення падаюча на поверхню панелі;  $S$  — площа сонячної панелі;  $E$  — щільність випромінення. Для прикладу обрані 2 сонячних панелі розміром 0,58м × 0,48м та потужністю 50Вт кожна.

Щільність випромінення обраховується наступним чином:

$$E = \frac{l_\varphi}{k}, \quad (4.2)$$

$l_\varphi = 1250$  Люкс — фотометрична інтенсивність, яку виміряли фотометром

в конкретний день;  $k = 12,5 \frac{\text{Люкс} \cdot \text{м}^2}{\text{Вт}}$  — коефіцієнт перетворення з

фотометричних одиниць в енергетичні. Після підстановки формули 4.2 в

4.1 та подальших обрахунків отримали значення  $W_n = 55,68$  Вт, у випадку

ідеальної сонячної панелі, її потужність на виході буде дорівнювати цьому

значенню. Протягом дня джерело світла змінює своє положення,

максимальна кількість виробленої енергії досягається при ортогональному

розміщенню панелі відносно потужності випромінення падаючої на

поверхню панелі. Статично закріплена панель неминуче більшість

кількість часу буде розташована під кутом, тому потужність яку може

видати сонячна панель значно менше ніж  $W_n$  і розраховується наступним

чином:

$$W = W_n \cdot \sin(\alpha), \quad (4.3)$$

$W$  — фактична потужність сонячної панелі;  $\alpha$  — кут нахилу сонця над

горизонтом обраний в конкретний день в певний час. Після обрахунків для

двох випадків: статичного, динамічного розміщення сонячних панелей

					<i>P181.468331.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		35.

отримано значення завдяки яким побудовано 2 графіка для більшої наочності.

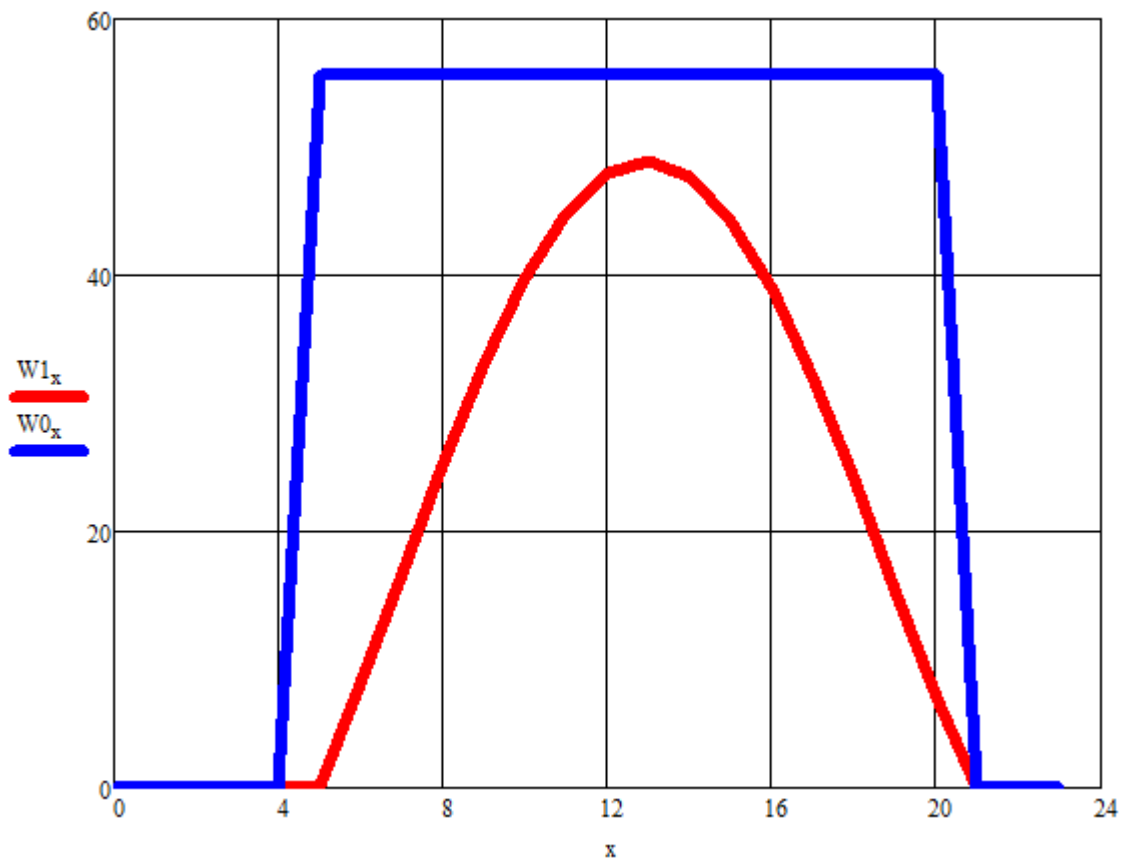


Рисунок 4.1 — Зміна фактичної потужності сонячної панелі протягом дня  
Червоний графік — статичне розміщення панелі; синій графік — динамічне розміщення панелі. Якщо взяти інтеграл по часу з формули 4.3, то для статичного розміщення протягом дня згенерується 474,3Вт, а для динамічного розміщення згенерується 890,9Вт електроенергії.

Для розрахунку ККД скористаємося наступним виразом:

$$\eta = \frac{W}{P} \cdot 100\% , \quad (4.4)$$

$P$  — номінальна потужність сонячної панелі. Оскільки ККД в кожен проміжок часу має різні значення, для наочності різницю розрахунків для двох випадків занесено до гистограми на рис. 4.2.

# ККД

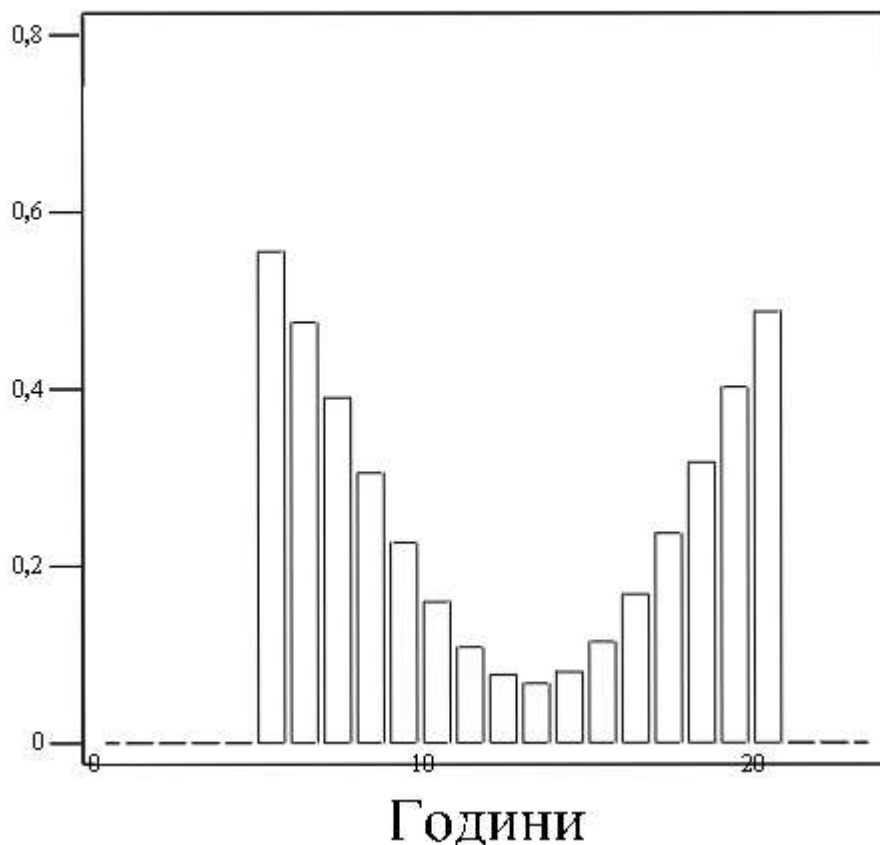


Рисунок 4.2 — Гістограма приросту ККД

Виходячи з даних на рис. 4.2 можна зробити висновок що при використанні 2-х осьового трекара приріст в кожен проміжок часу відрізняється, але він стабільний і суттєвий, якщо усереднити значення то отримаємо приріст  $\Delta\eta_{\text{сер}} = 28\%$ , порівняно з статично розташованою панеллю.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РІ81.468331.001 ПЗ

Лист  
37.

## ВИСНОВКИ

1. Ідея створення сонячного трекера не нова, але на диво ринок не в змозі перекрити всіх споживачів. В більшості вдалі рішення представлені лише для промислових СЕС. Перед простим користувачем стоїть непростий вибір, обрати дороге професійне обладнання, чи замовити виріб з сумнівною якістю. Таким чином визначено сфокусувати свою увагу на нішу компактних, малопотужних та легких сонячних панелей. На цьому ринку факторами конкурентоспроможності є доступність(ціна), компактні розміри, довговічність, простота.

2. Порівнюючи два способи виконання, астрономічний та оптичний, більш оптимальним вибором є останній. Таким чином досягається простота та дешевизна продукції. Важливим фактором являється ремонтпридатність та ціна цієї ремонтпридатності. Завдяки простій та поширеній компонентній базі споживач має змогу без труднощів знайти усі компоненти.

3. Обрані матеріали ДП з оглядом на зменшення ціни та надійність. Припій застосовується без свинцевий, що дозволяє вийти продукту на більш широкі ринки. Оптимальний площа ДП становить 2160мм<sup>2</sup>. Проектування друкованої плати виконувалось у програмному середовищі Altium Designer, проектування корпусу виконувалось у середовищі SolidWorks.

4. Для малого споживача важливий зовнішній вигляд приладу. Готовим корпусам на ринку не властивий помітний дизайн, також їх потрібно перероблювати. Був розроблений сучасний дизайн котрий кидається в око та фокусує увагу споживача. Попутно вирішено декілька питань: максимально маленькі габарити, оптимізація процесу виробництва та зменшення витрат.

5. Виконано розрахунки для перевірки та підтвердження працездатності приладу. В результаті розрахунків зазначені сонячні панелі

					<i>PI81.468331.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>38</i>

без трекара виробляють електроенергії 29,6 Вт·год ,а з 2-х осьовим трекаром 55,7 Вт·год . Розраховано приріст продуктивності сонячної панелі в середньому на 28%.

6. Створенно відповідну конструкторську документацію.

					<i>PI81.468331.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>39.</i>

## ПЕРЕДІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Orange Systems. SOLARSAN-GPS WiFi MQTT [Електронний ресурс] / Orange Systems. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://euspro.com/portfolio/solarsan-gps/>
2. SONYAH SOLAR. СОНЯХ [Електронний ресурс] / SONYAH SOLAR. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://sonyah.solar/tracker/>.
3. Тяп Ляп. Сонячний трекер [Електронний ресурс] / Тяп Ляп. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://surl.li/cancu>.
4. Home Made - То, что ты можешь сделать. Трекер движения солнца на Ардуино [Електронний ресурс] / Home Made - То, что ты можешь сделать. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: [https://vak.in.ua/do.php#google\\_vignette](https://vak.in.ua/do.php#google_vignette).
5. DYKBmetered [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <http://surl.li/cancz>
6. Простой трекер для солнечных панелей [Електронний ресурс]. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: [https://www.tool-electric.ru/2019/03/blog-post\\_12.html](https://www.tool-electric.ru/2019/03/blog-post_12.html).
7. Сонячний трекер [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://radiolaba.ru/microcotrollers/solnechnyy-treker.html>.
8. Kumar S. Solar Tracking System [Електронний ресурс] / Sunil Kumar. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.electronicsforu.com/electronics-projects/solar-tracking-system>.
9. РАДІОМАГ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/modules.php?name=zlTeam>.
- 10.ГОСТ 15150-69 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://docs.cntd.ru/document/1200003320>

					<i>РІ81.468331.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		40

11. Розрахунок ККД приладу з плоскою панеллю [Електронний ресурс] // Studfile — 2015. — Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/3829345/page:7/>
12. Розрахунок ККД сонячної батареї та коефіцієнта заповнення при різній щільності випромінювання [Електронний ресурс] // Studfile. — 2015. — Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/3829399/page:7/>
13. Kumar S. Solar Tracking System [Електронний ресурс] / Sunil Kumar. — 2016. — Режим доступу до ресурсу: <https://www.electronicsforu.com/electronics-projects/solar-tracking-system>.
14. ГОСТ 15150-69 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://docs.cntd.ru/document/1200003320>
15. ГОСТ 16019-2001 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://docs.cntd.ru/document/gost-16019-2001>
16. Класифікатор ЕСКД [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://classinform.ru/ok-eskd/kod.html>
17. Комбінований позитивний метод [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://pcbdesigner.ru/pcb/sposobi-izgotovleniya-pechatnih-plat/kombinirovannye-metody.html>
18. ГОСТ 2.702-2011 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://cals.ru/sites/default/files/downloads/2.702-2011.pdf>
19. Матеріали для 3D-друку [Електронний ресурс] // Tehnika. — 2019. — Режим доступу до ресурсу: <http://tehnika.expert/>
20. Азімут і висота сонця над горизонтом [Електронний ресурс] // Hostciti. — 2022. — Режим доступу до ресурсу: <http://hostciti.net/calc/data-i-vremya/azimuth-sun-horizon.html>

					<i>PI81.468331.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		41.



- 21.Прокладки з силікону [Електронний ресурс] // АльянсТехноГруп –  
 Режим доступу до ресурсу: <https://at-group.biz/g60595150-prokladki-silikona>
- 22.PETG — що це за пластик? [Електронний ресурс] // 3DMALL –  
 Режим доступу до ресурсу: <https://3d-m.ru/petg-cto-eto-za-plastik/>
- 23.Преваги використання технології лиття під тиском [Електронний  
 ресурс] // Replast. – 2016. – Режим доступу до ресурсу:  
<https://www.replast-ltd.com/perevagy-vykorystannya-tehnologiyi-lyttya-plastyka-pid-tyskom/>.

					<i>PI81.468331.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		42

## ДОДАТОК А. СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ДРУКОВАНИЙ ВУЗОЛ

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Прим.	
				Документація			
A4			PI81.468331.001 ПЕ	Перелік елементів	1		
A3			PI81.468331.001 ЕЗ	Схема електрична принципова	1		
A3			PI81.468331.001 СК	Складальний кресленик	1		
			PCB1-Plated.TXT	Координати металізованих отворів в файлі	1		
			PCB1-NonPlated.TXT	Координати неметалізованих отворів в файлі	1		
			Top layer.CAM	Топологія верхнього шару металізації в файлі	1		
			Top solder.CAM	Топологія верхнього шару захисної маски в файлі	1		
			Top overlay.CAM	Топологія верхнього шару шовкографії в файлі	1		
			Top paste.CAM	Топологія верхнього шару паяльної пасти в файлі	1		
				<b>PI81.468331.001 СК</b>			
Изм	Лист	№ докум.	Подп	Дата			
Разраб.	Манойленко В.І.				Лит.	Лист	Листов
Пров.	Зінгер Я.Л.					1	2
Т.конт					Друкований вузол  НТУУ «КПІ» РТФ		
Н.конт							
УТВ	Зінгер Я.Л.						

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Прим.
			Buttom layer.CAM	Топологія нижнього шару металізації в файлі	1	
			Buttom solder.CAM	Топологія нижнього шару захисної маски в файлі	1	
			Buttom overlay.CAM	Топологія нижнього шару шовкографії в файлі	1	
			Buttom paste.CAM	Топологія нижнього шару паяльної пасти в файлі	1	
				Деталі		
A4		1	PI81.758723.001 E3	Друкована плата		
				<u>Інші вироби</u>		
				Мікросхема LM339	1	DA1
				Мікросхема L293DD	1	DA2
				Резистор 51 кОм $\pm 5\%$	2	R5, R8
				Резистор 12 кОм $\pm 5\%$	2	R6, R7
				Резистор 47 кОм $\pm 5\%$	2	R9, R12
				Резистор 100 кОм $\pm 5\%$	2	R10, R11
				Резистор 10 кОм $\pm 5\%$	4	R13-R16
				Резистор 22 кОм $\pm 5\%$	2	R17, R18
				Діод 1N4148W	4	VD1-VD4
				Конектор DG 126-5.0	4	R1-R4
				Конектор DG 126-5.0	1	X1
				Конектор DG 126-5.0	2	M1, M2
				PI81.468331.001 СК		Арк.
						2
Изм	Лист	№ докум.	Подп	Дата		

## ДОДАТОК Б. СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ПРИСТРІЙ

Форм.	Зона	Обозначение			Наименование	Кол.	Прим.	
					Документація			
A3		PI81.468331.001	СК		Складальний кресленик	1		
A4		Манойленко.docx			Пояснювальна записка	1		
					<u>Складальні одиниці</u>			
A4		1	PI81.758723.001		Друкований вузол	1		
					<u>Деталі</u>			
A3		2	PI81.735352.002		Основа	1		
A3		3	PI81.735355.003		Кришка	1		
					<u>Інші вироби</u>			
		4			Силіконова прокладка	1		
		5			Роз'єм ХТ30-М-8	7		
		6			Гвинт М3 х 8	8		
		7			Закладна гайка М3 4x4.2	8		
					<b>PI81.468331.001 СК</b>			
Изм	Лист	№ докум.	Подп	Дата				
Разраб.		Манойленко В.І.			Пристрій позиціювання	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Зінгер Я.Л.					1	1
Т.конт						НТУУ «КПІ» РТФ		
Н.конт								
УТВ		Зінгер Я.Л.						

**ДОДАТОК В. ПЕРЕЛІК ЕЛЕМЕНТІВ**

Позн.	Найменування				Кіл.	Примітки		
	Мікросхеми							
DA1	LM339				1			
DA2	L293DD				1			
	Двигуни							
M1,M2	Мотор JGA25-370 12 В, 5 PRM				2			
	Резистори							
R1,R2	PGM5649D 150-300 кОм ±5%				2			
R3,R4	PGM5649D 150-300 кОм ±5%				2			
R5,R8	RC1206JR-51KR 51 кОм ±5%				2			
R6,R7	RC1206FR-12K1 12 кОм ±5%				2			
R9,R12	KLS4-3296X-153 47 кОм ±5%				2			
R10,R11	KLS4-3296X-153 100 кОм ±5%				2			
R13,R14	RC2512FK-10KR 10 кОм ±5%				2			
R15,R16	RC2512FK-10KR 10 кОм ±5%				2			
R17,R18	RC1206FR-22K 22 кОм ±5%				2			
					<b>РІ81.468331.001 ПЕ</b>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Манойленко			Літ.	Арк.	Аркуші	
Перевір.						1	в	
Реценз.							2	
Н. Контр					КПІ ім. Ігоря Сікорського, РТФ			
Затверд.								

Позн.	Найменування			Кіл.	Примітки
	Діоди				
VD1,VD2	1N4148W			2	
VD3,VD4	1N4148W			2	
X1	Конектор DG 126-5.0			1	
					Арк.
					2
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

PI81.468331.001 ПЕ

## ДОДАТОК Г. РОЗРАХУНКИ

Скріншот розрахунків приросту ККД сонячної панелі при використанні 2-х осьового трекара.  
2-х осьового трекара.

Розрахунок збільшення ККД сонячної панелі при використанні 2-х осьового трекара

Для розрахунку візьмемо перший день червня Червень

Погодинна зміна куту нахилу сонця над горизонтом

$ch1 := (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0.20 \ 8.45 \ 17.46 \ 26.90 \ 36.42 \ 45.57 \ 53.68 \ 59.54 \ 61.56 \ 58.91 \ 52.64 \ 44.33 \ 35.09 \ 25.55 \ 16.16 \ 7.23 \ 0 \ 0 \ 0) \cdot \text{deg}$

$ch0 := (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 90 \ 90 \ 90 \ 90 \ 90 \ 90 \ 90 \ 90 \ 90 \ 90 \ 90 \ 90 \ 90 \ 90 \ 90 \ 0 \ 0 \ 0) \cdot \text{deg}$

$x := 0..23$

Потужність випромінювання  $I_{\text{sun}} := 1250$  Люкс

$k := 12.5$  Люкс\*м<sup>2</sup>/Вт коефіцієнт перетворення в енергію з випромінювання

Щільність випромінювання  $E := \frac{I}{k} = 100$  Вт/м<sup>2</sup>

Площа сонячної панелі  $S_{\text{sun}} := 0.58 \cdot 0.48 = 0.278$  м<sup>2</sup> Площа двох панелей  $S2 := 2S = 0.557$  м<sup>2</sup>

$W_{\text{sun}} := S2 \cdot E$  ідеальна потужність сонячної панелі

$W1_x := W \cdot \sin(ch1^T)_x$  фактична потужність сонячної панелі при статичному розміщенні

$W0_x := W \cdot \sin(ch0^T)_x$  фактична потужність сонячної панелі при динамічному розміщенні

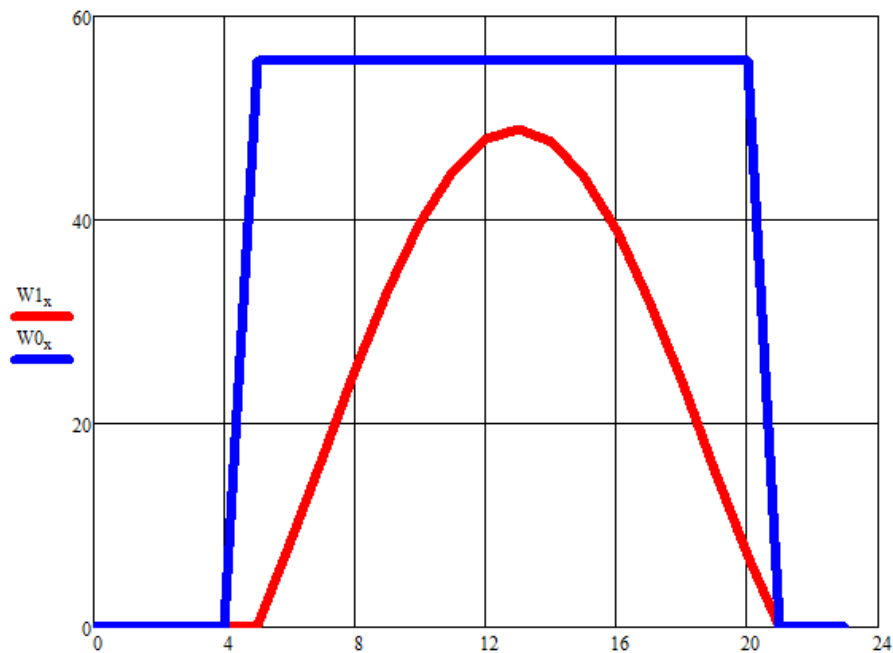


Рисунок Г.1 — Зміна потужності панелі протягом дня

Номинальна потужність кожної панелі 50Вт, сумарна 100Вт  $P := 100 \text{ Вт}$

Розрахуємо ККД сонячної панелі за формулою

$$\text{Int0} := \sum_{x=0}^{23} (W \cdot \sin(\text{ch0}^T)_x) = 890.88 \text{ Вт}$$

$$\text{Int1} := \sum_{x=0}^{23} (W \cdot \sin(\text{ch1}^T)_x) = 474.286 \text{ Вт}$$

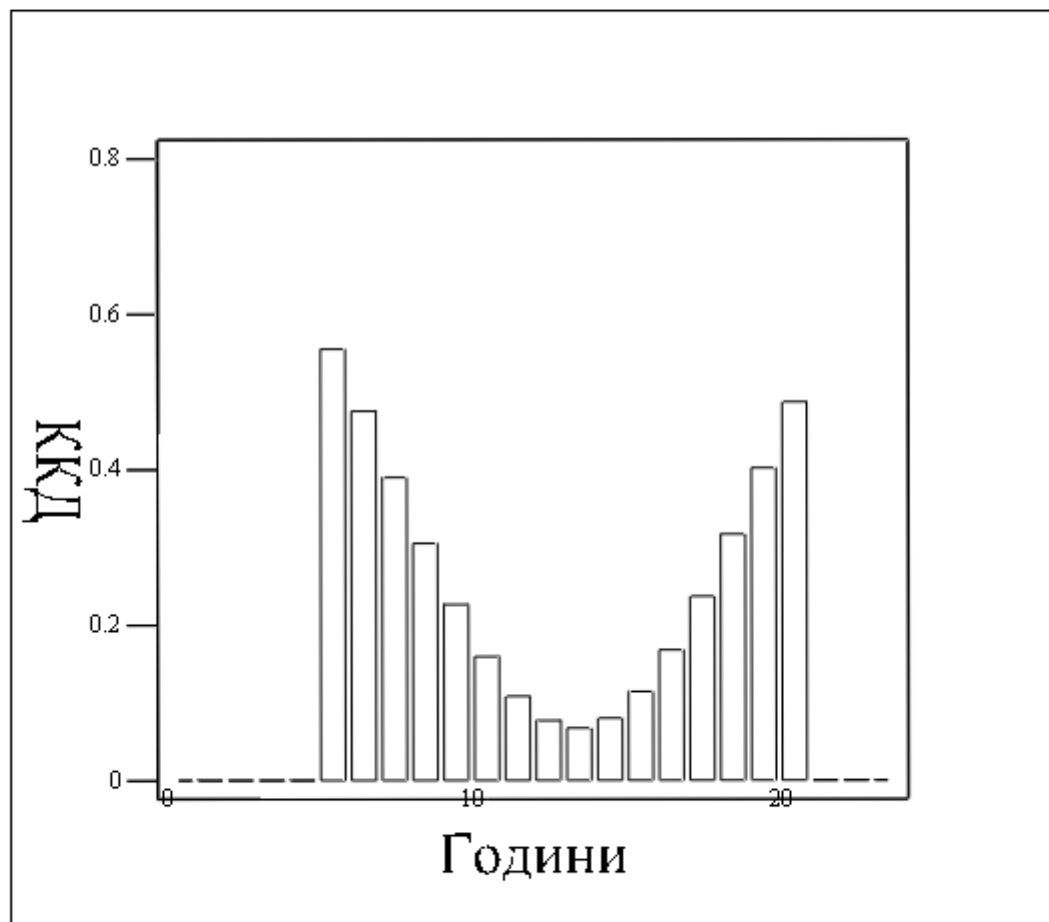
$$W_{th0} := \frac{\text{Int0}}{16} = 55.68 \text{ Вт} \cdot \text{год}$$

$$W_{th1} := \frac{\text{Int1}}{16} = 29.643 \text{ Вт} \cdot \text{год}$$

$$\eta_1 := \frac{W_1}{P} \cdot 100\%$$

$$\eta_0 := \frac{W_0}{P} \cdot 100\%$$

$$\Delta\eta := (\eta_0 - \eta_1)^T$$



$\Delta\eta$

$$\Delta\eta_{\text{сер}} := \frac{\sum_{x=0}^{23} (\Delta\eta^T)_x}{15} = 0.278$$

Середній приріст ККД

Рисунок Г.2 — Приріст ККД