

Вінницький національний технічний університет  
Факультет інфокомунікації, радіоелектроніки та наносистем  
Кафедра електроніки та наносистем

**Пояснювальна записка**  
до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

**Сонячна панель на базі наноструктурних елементів.  
Частина 2. Розробка системи управління сонячною  
панеллю на наноструктурних елементах**

Виконав: студент 2 курсу, групи ЕЛ-18мі  
Спеціальності 171 – «Електронні пристрої та  
системи»

Костюченко В.В. \_\_\_\_\_

Керівник: к.ф.-м.н., професор каф. ЕНС

Кравченко Ю. С. \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. ТКСТБ

Городецька О. С. \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

## ЗМІСТ

<u>ВСТУП</u> .....	7
<u>1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ЩОДО СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ СОНЯЧНИМИ ПАНЕЛЯМИ</u> .....	10
<u>1.1 Типи сонячних панелей для сонячної електростанції</u> .....	11
<u>1.2 Трекерна система стеження за сонцем</u> .....	17
<u>1.3 Пасивні трекери</u> .....	20
<u>1.4 Активні трекери</u> .....	21
<u>1.5 Способи орієнтації сонячних панелей</u> .....	22
<u>1.5.1 Сонячний трекер на фоторезисторах</u> .....	23
<u>1.5.2 Сонячний трекер на мікроконтролері</u> .....	25
<u>1.6 Оцінювання наукового, технічного та економічного рівня НДР</u> .....	26
<u>1.7 Оцінювання комерційного потенціалу розробки</u> .....	27
<u>1.8 Розрахунок узагальненого коефіцієнта якості для нового рішення</u> .....	31
<u>1.6 Висновки по розділу</u> .....	32
<u>2 РОЗРОБКА ТА МОДЕЛЮВАННЯ СХЕМИ СОНЯЧНОГО ТРЕКЕРА</u> .....	34
<u>2.1 Розробка структурної схеми сонячного трекера</u> .....	34
<u>2.2 Розробка електричної схеми сонячного трекера</u> .....	35
<u>2.3 Моделювання роботи схеми сонячного трекера в ISIS Proteus</u> .....	38
<u>2.4 Порівняльний розрахунок потоку сонячного випромінювання</u> .....	41
<u>2.5 Висновки до другого розділу</u> .....	46
<u>3 РОЗРОБКА ПЛАТИ ТА ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ СОНЯЧНОГО ТРЕКЕРА</u> .....	47
<u>3.1 Вибір типу та матеріалу друкованої плати</u> .....	47
<u>3.2 Вибір класу точності та методу проектування друкованої плати</u> .....	49
<u>3.3 Розрахунок діаметру монтажних отворів і контактних площадок</u> .....	50
<u>3.4 Розрахунок ширини провідників</u> .....	52
<u>3.4 Моделювання проекту в ARES PCB LAYOUT</u> .....	53

	5
<u>3.5 Висновки до третього розділу</u> .....	55
<u>4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</u> .....	57
<u>4.1 Виробнича санітарія та гігієна праці</u> .....	57
<u>4.1.1 Склад повітря робочої зони та мікроклімат</u> .....	57
<u>4.1.2 Виробниче освітлення</u> .....	58
<u>4.1.3 Виробничі віброакустичні коливання</u> .....	63
<u>4.1.4 Виробничі випромінювання</u> .....	64
<u>4.2 Технічні рішення щодо промислової та пожежної безпеки під час проведення розробки</u> .....	64
<u>4.2.1 Безпека щодо організації робочих місць</u> .....	64
<u>4.2.2 Електробезпека</u> .....	65
<u>4.2.3 Пожежна безпека</u> .....	65
<u>4.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи системи управління сонячною панеллю в умовах дії загрозливих чинників надвичайних ситуацій</u> .....	66
<u>4.3.1 Дослідження стійкості роботи системи управління сонячною панеллю в умовах іонізуючих випромінювань</u> .....	67
<u>4.3.2 Дослідження стійкості роботи системи управління сонячною панеллю в умовах дії електромагнітного імпульсу</u> .....	69
<u>4.3.3 Розробка заходів по захисту системи управління сонячною панеллю від дії електромагнітного імпульсу</u> .....	71
<u>4.4 Висновки до розділу</u> .....	71
<u>5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА</u> .....	73
<u>5.1 Розрахунок витрат на проведення НДР з дослідження та розробки системи управління сонячною панеллю на наноструктурних елементах</u> ....	73
<u>5.2 Нарахування на заробітну плату дослідників та працівників</u> .....	76
<u>5.3 Амортизація обладнання для проведення досліджень</u> .....	79
<u>5.4 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки</u> .....	82
<u>5.5 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності</u> .....	85
<u>5.6 Висновки до розділу</u> .....	89

<u>ВИСНОВКИ</u> .....	90
<u>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</u> .....	92
<u>Додаток А Технічне завдання</u> .....	97
<u>Додаток Б Схема електрична принципова сонячного трекара</u> .....	100
<u>Додаток В Блок-схема алгоритму роботи мікроконтролера</u> .....	101
<u>Додаток Г Допустимі значення виробничих факторів</u> .....	102
<u>Додаток Д Креслення друкованої плати сонячного трекара</u> .....	105
<u>Додаток Е Складальне креслення сонячного трекара</u> .....	106

## ВСТУП

### **Актуальність теми**

Пошук чистої енергії для майбутнього є однією з найважливіших завдань суспільства. Альтернативні джерела енергії, такі як сонячна, можуть задовольнити великі потреби людини в ресурсах. Безпосереднє перетворення сонячного світла в електрику здійснюється за допомогою сонячних батарей.

Матеріали, які використовуються в даний час для фотовольтаїки, включають монокристалічний, полікристалічний, аморфний кремній. Крім кремнієвих використовуються різновиди арсенід-галієвих, органічних і багат шарові типи батарей. Існують деякі прийоми, які можуть допомогти збільшити продуктивність сонячних батарей і отримати більше сонячної енергії. Перший прийом - це відслідковувати точку максимальної потужності, а другий - відстежувати положення Сонця. Стежити за положенням Сонця дозволяють сонячні трекери.

Щоб отримати максимальну потужність сонячних батарей, необхідно тримати панелі вирівняними по відношенню до сонця. Це безперечно економічно вигідніше рішення, ніж покупка додаткових сонячних панелей. Було підраховано, що вихідна потужність від сонячних батарей може бути збільшена на 30-60% за рахунок використання системи стеження замість стаціонарного положення.

Отже, як сказано вище, існує проблема із підвищенням ефективності сонячних панелей. Із цим можуть впоратись сонячні трекери, які дозволяють фотоелементам відстежувати точку максимальної енергії в залежності від розташування сонця.

### **Мета дослідження**

Метою роботи є підвищення ефективності використання сонячних панелей.

**Задачі дослідження:**

- проаналізувати існуючі пристрої та системи управління сонячними панелями, виявити їх переваги та недоліки та обрати найбільш оптимальний принцип побудови пристрою;
- запропонувати структурну та електричну принципову схеми пристрою;
- розробити друковану плату та складальне креслення пристрою.
- навести аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні.
- розглянути деякі питання з економічної діяльності та провести відповідні розрахунки.

**Об'єктом дослідження** є процес відстеження положення з найкращим освітленням для отримання максимальної ефективності роботи.

**Предметом дослідження** є параметри та характеристики системи управління сонячних панелей.

**Методи дослідження:**

- аналіз літературних джерел;
- математичне моделювання з використанням пакету ISIS PROTEUS та ARES PCB Layout.

**Апробація результатів роботи**

Апробація результатів даної роботи пройшла на XV Міжнародній науково-практичній конференції «Вісті сучасної науки - 2019» Шефїлд, Publishing House "Science and Education", 2019. – 3 с. Тези доповіді опубліковані [1].

## **Наукова новизна роботи**

Отримав подальший розвиток метод управління сонячними панелями за рахунок використання сонячного трекера на мікроконтролері.

## **Структура роботи**

Магістерська класифікаційна робота складається з п'ятих розділів. В першому розділі проведено аналіз існуючих систем управління сонячних панелей, відзначені переваги та недоліки тих чи інших варіантів їх реалізації, а також особливості їх конструктивного виконання. В другому розділі проведено розробку структурної схеми пристрою, також на її основі розробку схеми електричної принципової, наведено їх опис, призначення та особливості функціонування основних вузлів. Третій розділ роботи присвячений розробці топології друкованої плати, вибору матеріалу та способу її виготовлення, а також розробці складального креслення виробу. Четвертий розділ містить рекомендації щодо поліпшення умов роботи, розраховує і вибирає метод захисту від переважаючого шкідливого чи небезпечного фактору виробництва і включає в себе норми пожежної безпеки. В п'ятому розділі було розглянуто такі питання з економічної діяльності, як зростання чистого прибутку, абсолютна і відносна ефективність вкладених інвестицій та термін їх окупності.

## 1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ЩОДО СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ СОНЯЧНИМИ ПАНЕЛЯМИ

Ефективність роботи сонячних панелей безпосередньо залежить від кількості одержаної сонячної енергії. Максимального значення генерація електрики досягає в момент, коли робоча поверхня сонячних модулів розташовується перпендикулярно потоку сонячного випромінювання [2]. З урахуванням особливості траєкторії руху сонця, оптимальним розташуванням нерухомої (стаціонарної) сонячної батареї по азимуту є кут близько  $150^\circ$ . Практичні досліди показують, що зафіксована в такому положенні (в напрямку, що проходить по середині між точками сходу і заходу) сонячна панель увечері і зранку втрачає близько 75% генерації від максимально можливого обсягу. Крім денного переміщення по напрямку із заходу на схід, сонце додатково здійснює сезонний рух між північчю і півднем - за рік він становить близько  $46^\circ$ . При орієнтуванні панелі в середню точку середньорічної траєкторії руху сонця в напрямку північ-південь, втрати генерації від максимально можливої кількості складуть близько 8,3...9%. Динамічні системи кріплення панелей (рухливі трекери) служать для забезпечення автоматичного стеження за положенням сонця протягом усього світлового дня і орієнтації закріплених на них сонячних батарей, а так само забезпечують корекцію кута нахилу в залежності від пори року. Установка трекерної системи дозволяє домогтися збільшення вироблення електроенергії на 30...50% в порівнянні з сонячними електростанціями, що використовують нерухомо закріплені сонячні батареї [3]. Рисунок нижче наочно ілюструє як змінюється типовий денний графік генерації електроенергії при переході зі стаціонарних опорних металоконструкцій для сонячних батарей на рухливі двовісні трекерні системи.



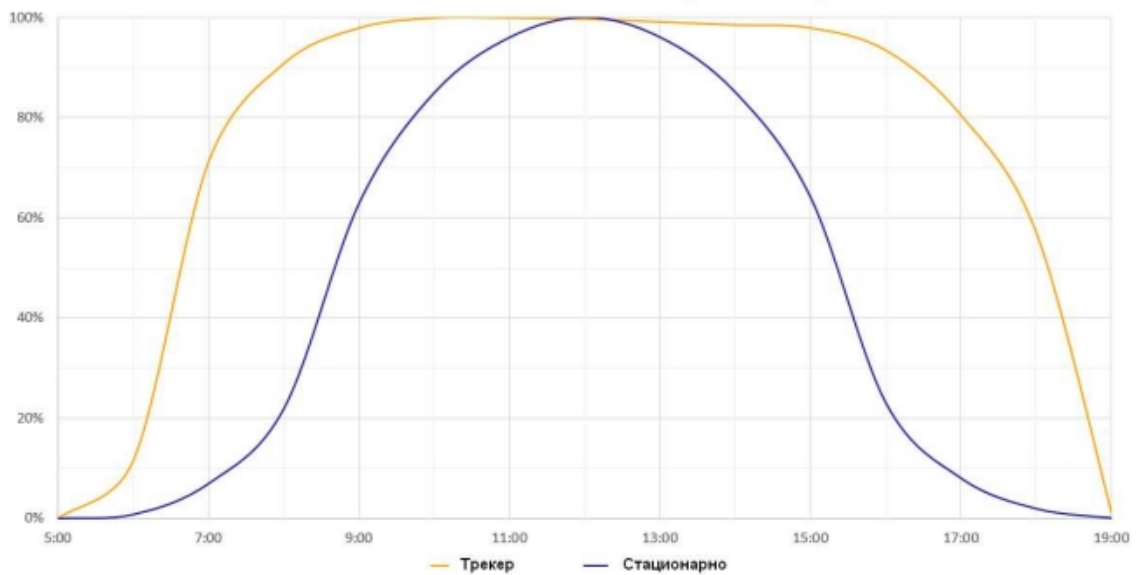


Рисунок 1.1 - Графік зміни генерації електрики

### 1.1 Типи сонячних панелей для сонячної електростанції

Фотоелектричний модуль є основним компонентом будь-якої фотоелектричної системи, призначеної для виробництва електроенергії. Сонячна панель складається з декількох фотоелектричних елементів, з'єднаних між собою.

Найбільш поширені технології виробництва фотоелементів:

1. Кристалічні фотоелементи:

- Монокристалічні кремнієві фотоелементи;
- Полікристалічні фотоелементи;

2. Тонкоплівкові фотоелементи:

- Фотоелементи з використанням діселеніда індію і міді (CIS технологія);
- Фотоелементи з використанням телуриду кадмію (CdTe технологія);
- Фотоелементи з використанням аморфного кремнію [4];

3. Фотоелементи на наноструктурній основі

Виробництво монокристалічних фотоелементів відбувається із застосуванням методу Чохральського. Для того щоб отримати кремнієвий монокристал, в розплав кремнію з бором занурюють початковий кристал і поступово піднімають на кілька метрів над поверхнею розчину. З отриманої монокристалічної заготовки зрізають поверхні, для того щоб отримати квадратні елементи товщиною приблизно 0,3 мм. Після цього елементи легують фосфором для створення n-провідності і утворення p-n переходу, полірують, наносять антивідбивне покриття і струмопровідні доріжки і отримується готовий до використання монокристалічний фотоелемент. ККД від 15 до 18 відсотків [4].



Рисунок 1.2 - Монокристалічний фотоелемент

Полікристалічні фотоелементи виготовляються за допомогою рівномірного спрямованого охолодження розплаву кремнію і бору. При цьому формуються односпрямовані кристали розміром від кількох міліметрів до кількох сантиметрів. Отриманий блок полікристалів обробляється так само, як і монокристалічні заготовки. ККД від 13 до 16 відсотків [4].

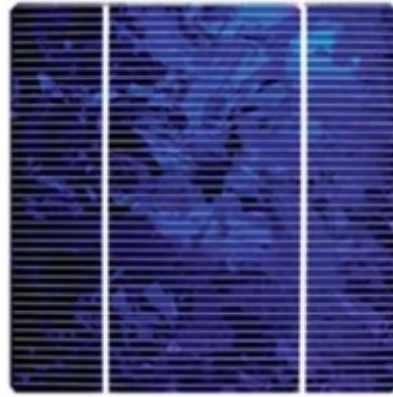


Рисунок 1.3 – Полікристалічний фотоелемент

Активним напівпровідникових матеріалом в CIS фотоелементах є діселенід індію і міді. CIS компаунд часто легується галієм або сіркою. При виробництві елемента скло покривається шаром молібдену, для фотоелемента він слугує катодом. Шар CIS компаунда в фотоелементі володіє р-провідністю і наноситься на шар молібдену. Шар оксиду цинку з домішкою алюмінію ZnO: Al використовується в якості прозорого провідного анода, який має n-тип провідності. Проміжний шар сульфід кадмію CdS використовується для зменшення втрат, пов'язаних з невідповідністю кристалічних решіток CIS і ZnO шарів. ККД від 9 до 11 відсотків [5].



Рисунок 1.4 - CIS фотоелемент.

Фотоелементи з використання телуриду кадмію CdTe виготовляються на підкладці з прозорим провідником, який виробляється з оксиду індію та олова і використовується як передній контакт. Ця підкладка покривається шаром селеніду кадмію CdS з n-типом провідності. Після цього наноситься абсорбуючий шар телуриду кадмію CdTe з р-типом провідності. Потім модуль закривається металевою струмопровідною пластиною. ККД становить 8,5 відсотків [5].



Рисунок 1.5 – Фотоелемент з використання телуриду кадмію CdTe

Аморфний кремній в фотоелементах не утворює однорідну структуру, тому через відкриті кордони кристалів відбувається поглинання водню. Цей гідрогенізований аморфний кремній a-Si: H створюється в реакторі плазми з газової фази гідриду кремнію SiH<sub>4</sub>. Легування кремнію відбувається змішуванням газів, що містять легуючий елемент - гідрид бору B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> для р-провідності і гідрид фосфору PH<sub>3</sub> для n-провідності. У зв'язку з невеликою ймовірністю проникнення легуючих добавок в аморфний кремній, термін життя носіїв заряду не дуже довгий, тому на шар кремнію наносяться додаткові шари з n- і р-провідності. Як передній контакт використовується прозорий провідник з оксидом олова SnO<sub>2</sub>, оксидом індію та олова або оксидом цинку ZnO. Задній контакт – це металева струмопровідна пластина. ККД від 5 до 7 відсотків [6].

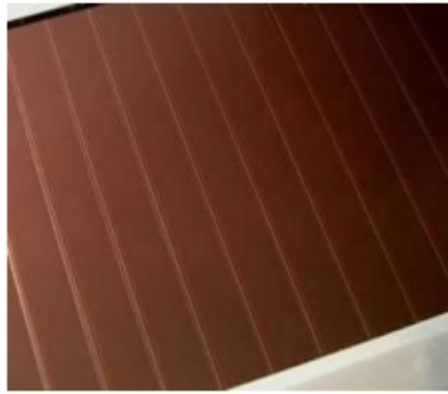


Рисунок 1.6 – Фотоелемент на основі аморфного кремнію

Також з недавнього часу великого розвитку набули дослідження та розробки фотоелементів на наноструктурній основі.

Поруватий кремній знаходить своє широке застосування для оптоелектронних пристроїв завдяки властивості антивідблиску. Цей матеріал має свої переваги, такі як: розширення забороненої зони, широкий спектр поглинання і високий діапазон оптичної передачі – 700-1000 нм. Високий ступінь шорсткості поверхні поруватого кремнію передбачає можливість його застосування в якості просвітлюючого покриття, фактурна поверхня зменшує відбиття світла. Крім того, розсіювання в  $\text{por-Si}$  можливе за рахунок шорсткості по відношенню до товщини пористого шару. Існують виготовлені сонячні елементи на основі  $\text{por-Si}$  з ККД 15,5 %. Підготовлені зразки шарів  $\text{por-Si}$  з різною пористістю були використані для виготовлення сонячних елементів, використовуючи наступну процедуру. Зразки були покриті фоторезистом. Потім безпосередньо над шарами пористого кремнію була поміщена маска. Зразки піддавали дії УФ-випромінювання протягом 40 сек для утворення візерункового покриття. N- і P-тип легування було досягнуто за допомогою способу нанесення покриття шляхом розміщення розчину фосфору і бору в центрі шарів  $\text{por-Si}$ , а потім нанесення покриття центрифугуванням при кімнатній температурі зі швидкістю 1000 обертів на хвилину протягом 10 сек. Потім шари поруватого кремнію помістили в піч при температурі 100 °C протягом 15 хв для видалення вологи [7].

Чорний кремній - це випадково текстуровані наноструктури, які здаються помітно чорними завдяки ефективному придушенню відображення та одночасного посилення поглинання і розсіяння світла в об'ємному Si.

Модифікація була виявлена в 1980 - х роках як небажаний побічний ефект реактивного іонного травлення (RIE). У 1999 році Гарвардського університету група під керівництвом Еріка Мазура розробили процес, в якому чорний кремній був отриманий при опроміненні кремнію фемтосекундними лазерними імпульсами [8]. Після опромінення в присутності газу, що містить гексафторид сірки та інші легуючі добавки, поверхня кремнію розвиває самоорганізовану мікроскопічну структуру мікронних розмірів конусів. Отриманий матеріал володіє багатьма чудовими властивостями, такими як поглинання, який простягається до інфрачервоного діапазону, нижче забороненої зони кремнію, отже має здатність поглинати довші довжини хвиль. Завдяки тому, що наноструктури мають конусоподібну або голчасту будову, вони здатні захоплювати світло під найменшим кутом. Це може бути хорошим способом для підвищення ефективності сонячних панелей, особливо в країнах полярних широт. Крім цього, чорні комірки кремнію також можуть бути дешевшими, оскільки немає необхідності покривати їх антивідбивним покриттям, яке використовується багатьма іншими типами сонячних елементів.

Група з Національної лабораторії поновлюваних джерел енергії виготовила чорні кремнієві сонячні елементи з ефективністю 18,2%. Поверхня чорного кремнію була сформована за допомогою процесу травлення металу при взаємодії з використанням нано частинок срібла. У травні 2015 року дослідники з Фінляндії з університету Аалто, працюючи з дослідниками з Політехнічного університету Каталонії оголосили, що вони створили чорні кремнієві сонячні елементи з ККД 22,1%, застосовуючи тонку пасивуючу плівку на наноструктурах з атомного обложеного шару і за рахунок інтеграції всіх металевих контактів на задній стороні елемента [9].

## 1.2 Трекерна система стеження за сонцем

Сонячний трекер - це електромеханічний пристрій для орієнтації сонячної фотоелектричної панелі в напрямку сонця. Вони можуть бути активними або пасивними і можуть бути одно- або двоосьовими. Одноосьові трекери зазвичай мають полярне кріплення для максимальної сонячної ефективності і використовують ручне регулювання кута нахилу (вісь нахилу), який можна регулювати протягом року. Було підраховано, що вихід від сонячних батарей може бути збільшений на 30-60 відсотків за рахунок використання системи стеження замість стаціонарного масиву [10]. Трекери можуть бути відносно недорогими для фотовольтаїки. Це робить їх особливо ефективними для фотоелектричних систем з використанням високоефективних панелей.

Рухома частина трекера може змінювати своє положення за допомогою ручного приводу чи за допомогою одного або двох актуаторів – виконавчих пристроїв, виконаних на електродвигунах. Завдання трекера - встановити кути нахилу робочої поверхні, зорієнтувавши її строго на сонці. Простіше кажучи, сонячні промені повинні падати перпендикулярно площині сонячної батареї. Такої орієнтації можна домогтися декількома способами: у першому випадку пристрій управління актуаторами за допомогою декількох фотоприймачів аналізує освітленість при різних положеннях трекера і передає сигнали на актуатори до моменту, коли потік світла на всіх фотоелементах буде однаковий. Розбалансування системи через рух сонця дасть імпульс для активації нового переміщення в напрямку до сонця. Принципові схеми таких пристроїв нескладні і недорогі. Але у них є один істотний недолік. У похмуру погоду, при опадах і забрудненні фотоприймачів система непрацездатна [11].

Переорієнтувати систему можна вручну або керуючи актуаторами, подаючи сигнали за допомогою перемикачів. Але такий спосіб прийнятний в основному для сезонної орієнтації трекерів, коли на якийсь період часу

виставляється відповідний кут нахилу. Точність орієнтації при цьому невелика, постійно оператор не може перебувати у трекера, тому даний спосіб поширений мало, але для сезонної орієнтації малобюджетних систем він цілком підходить. Управління рухом трекера по азимутальних і зенітних кутах можливо пристроєм управління, до якого входить таймер. При цьому актуатори починають свою роботу по добовій програмі таймера (при необхідності за річною програмою). Точність орієнтації при цьому не велика, так як сонце протягом року постійно змінює час, місце сходу і заходу, зенітний кут. Даний спосіб є прийнятним для недорогих систем [12].

Одноосьові сонячні трекари стежать за сонцем від сходу до заходу, при його русі в перебігу дня зі сходу на захід. Вісь може бути орієнтована таким чином, що панель стоїть під постійним до горизонту кутом (трекер з полярною віссю обертання) або кут щодо горизонту змінюється (називається трекером з горизонтальною віссю обертання). Горизонтальна вісь обертання більш підходить для місцевості в невеликих широтах (місцях, що знаходяться ближче до екватора), в той час трекари з полярною віссю більше підходять для високих широт [13].



Рисунок 1.7 - Одноосьовий трекер з полярною віссю обертання



Перевага одноосьових трекерів полягає в тому, що вони є менш складними і, таким чином, більш дешевими. У місцях, розташованих ближче до екватора, де траєкторія руху сонця мало змінюється протягом дня, одноосьові трекери є особливо ефективними [14].

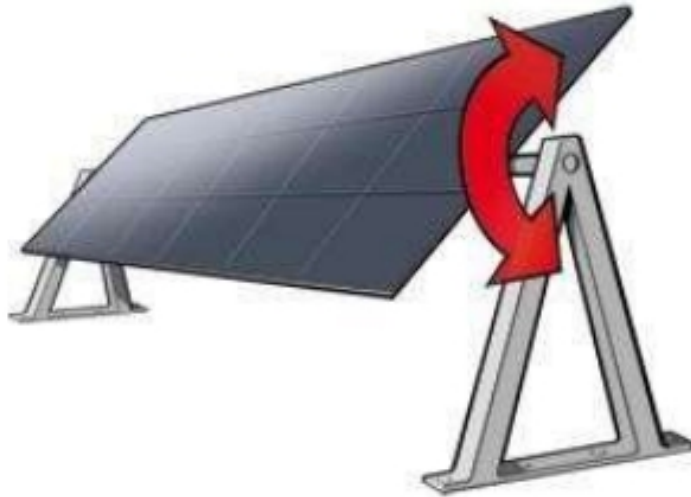


Рисунок 1.8 – Одноосьовий трекер з горизонтальною віссю обертання

Розглянемо будову сонячного трекера. Типова система складається з:

- базової конструкції (нерухома частина трекера);
- рухомої частини (має одну або дві осі обертання, електричний привід, редукційний блок);
- системи управління трекером, інтерфейсу для з'єднання з ПК;
- інвертора для перетворення низьковольтного струму від сонячних панелей в струм, який використовується двигуном;
- системи кріплення фотоелектричних модулів.

Функціонально трекери можуть включати: - систему захисту (громовідвід, захист від перевантажень, прилад для вимірювання швидкості вітру і т. д.);

- систему віддаленого доступу;
- систему навігації (визначення географічних координат, висоти над рівнем моря для досконалого стеження за сонцем) [15].

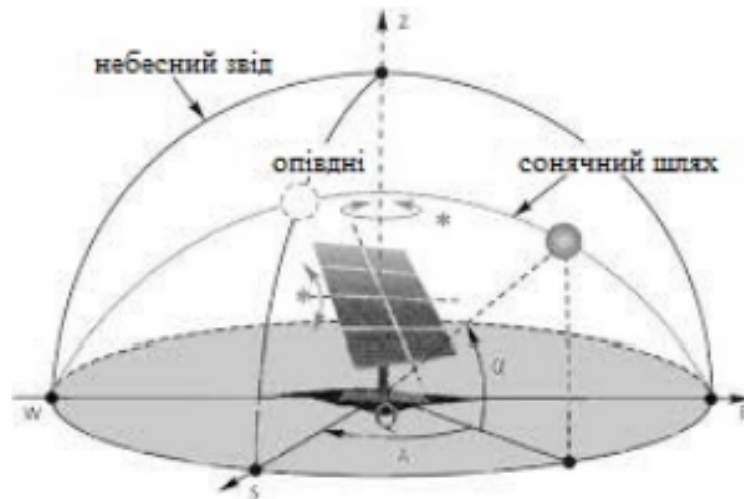


Рисунок 1.9 – Двоосьовий сонячний трекер

### 1.3 Пасивні трекери

Пасивні сонячні трекери засновані на тепловому розширенні речовини (зазвичай фреону) або на сплавах з пам'яттю форми. Зазвичай цей тип трекера складається з пари приводів, що працюють один проти одного, які при однаковому освітленні збалансовані. При диференціальному освітленні виконавчих механізмів, неврівноважені сили використовуються для орієнтації пристрою в такому напрямку, де відновлюється рівне освітлення виконавчих механізмів і баланс сил. Пасивні сонячні трекери в порівнянні з активними трекерами менш складні, але працюють з низькою ефективністю і при низьких температурах перестають працювати. Випробування показали, що пасивні трекери з точки зору продуктивності можна порівняти з електричними системами. Хоча пасивні трекери часто менш дорогі, вони ще не набули широкого поширення серед споживачів [16].

Кліффорд і співавт. представил новий пасивний сонячний трекер по комп'ютерній моделі. Вони відзначили, що деформації, які викликані зростаючими металами, були невеликими, відповідні сили були великими. Їхня пасивна сонячна система відстеження включає в себе дві біметалічні

смуги з алюмінію і сталі, розташовані на дерев'яній рамі, симетрично по обидві сторони від центральної горизонтальної осі. Біметалічні смуги заштриховані так, що смуга, віддалена від сонця, поглинає сонячне випромінювання, в той час як інша смуга залишається заштрихованою аналогічно конструкції, показаної на рис. 1.10 [17].

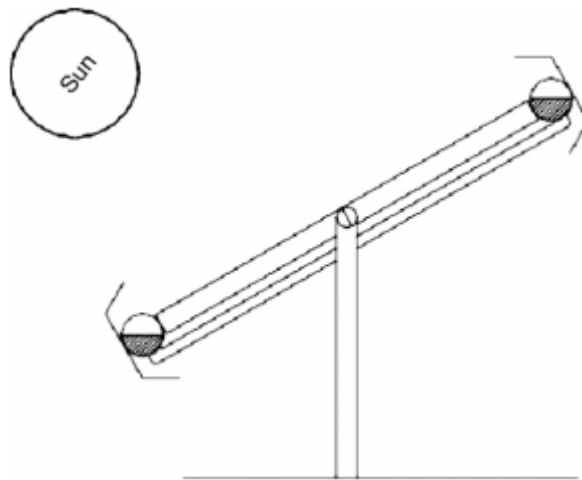


Рисунок 1.10 – Пасивний сонячний трекер, що використовує дві ідентичні циліндричні трубки, вставлені за допомогою парціального тиску.

Комп'ютерна модель і експериментальні дані показали результати, дуже схожі один на одного. Розроблений сонячний трекер мав потенціал для підвищення ефективності сонячних панелей до 23%. Нарешті, вони порекомендували механізм нічного повернення, вручну нахилену вісь і двовісну систему для подальшого розвитку.

#### 1.4 Активні трекери

Основні активні трекери можуть бути класифіковані як мікропроцесорні і електрооптичні датчики, керовані ПК, засновані на даті і час, допоміжні біфаціальні (двобічні) сонячні елементи і комбінація цих

трьох систем. Електрооптичні сонячні трекари зазвичай складаються, принаймні, з однієї пари паралельно підключених фоторезисторів або фотоелектричних фотоелементів, які при однаковій інтенсивності освітлення обох елементів електрично збалансовані так, що відсутній або незначний сигнал управління подається на провідний мотор [18].

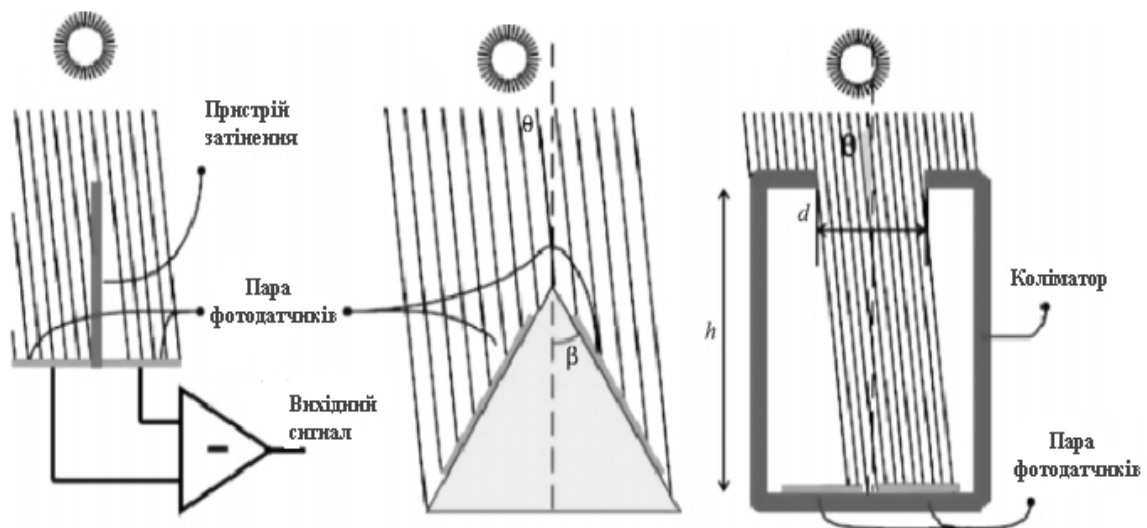


Рисунок 1.11 – Принцип балансу затінювання: а) датчики, що вказують на сонце; б) нахилене кріплення фотодатчиків; с) точне сонячне вказування за допомогою коліматора [18]

### 1.5 Способи орієнтації сонячних панелей

Трекер може орієнтуватися по сонцю трьома способами [19]:

- вручну. Примітивний, найнадійніший - оператор виконує сезонну орієнтацію трекера вручну. Цей спосіб найменш ефективний, але відсутність вимірювальної апаратури і мінімум рухомих частин роблять його максимально надійним. Неполадки в механічних частинах виникають рідко.

- за допомогою фотодатчиків. Спосіб поширений, але ненадійний. Полягає в поєднанні двох-трьох фотоелектричних датчиків, розташованих під кутом  $45^\circ$  відносно площини панелі, тобто під кутом  $90^\circ$  відносно один одного. Датчики розміщені в оболонках таким чином, щоб сприймався лише вузький промінь світла. Коли площину сонячної панелі перпендикулярна

сонячного світла, то на кожен датчик потрапляє однаковий промінь, отже, напруга на всіх датчиках однаково. Коли сонце зміщується, то напруга на датчиках починає відрізнятися, і система управління включає привід, поки той не відкоригує положення панелі так, щоб напруга датчиків знову була однаковою. Система управління з фотодатчиками має два суттєвих недоліки: поперше, датчики часто забруднюються, в результаті чого перестають працювати, вимагають калібрування. Другим недоліком є те, що система не працює в похмуру погоду. Механічні неполадки - досить часте явище для даного типу приводу [20].

- програмний. Автономна система управління сонячними панелями програмується згідно циклам руху сонця. Система найбільш надійна, використовують електричні приводи, майже не вимагає втручання операторів. Зміни програми виконуються швидко, при необхідності віддалено. Саме такі системи зазвичай використовуються в промислових сонячних електростанціях.

### **1.5.1 Сонячний трекер на фоторезисторах**

Схема трекера проста, компактна і легко збирається вручну. Для визначення позиції сонця використовуються два фоторезистори. Мотор включений за схемою Н-моста, який дозволяє комутувати струм до 500 мА при напрузі живлення 6-15 В. У темряві пристрій також працездатний і буде повертати моторчик на найбільш яскраве джерело світла.

Як видно на рисунку нижче, схема містить мікросхему операційного підсилювача LM1458 (К140УД20), транзистори BD139 (КТ815Г, КТ961А) і BD140 (КТ814Г, КТ626В), фоторезистори, діоди 1N4004 (КД243Г), резистори і настроєчні резистори. Мотор М приводиться в рух при різних значеннях на виходах ОП IC1a и IC1b [21].

Таблиця 1.1 – Таблиця істинності

Вихід IC1a	Вихід IC1b	Стан мотору
Низьк.	Низьк.	Зупинений
Низьк.	Вис.	Вперед *
Вис.	Вис.	Зупинений
Вис.	Низьк.	Назад *

\* або навпаки, залежить від підключення мотору

Транзистори в схемі працюють в парі по діагоналі, комутуючи +Ve або -Ve до мотору, і змушують його крутитись вперед або назад. Під час зупинки мотора, він продовжує обертатися, тому що присутній обертаючий момент. Внаслідок цього мотор якийсь час генерує потужність, яка може вивести транзистори з ладу. Для захисту транзисторів від протиедс в схемі моста використовується 4 діоди.

Вхідний каскад складається з двох ОП (IC1) і фоторезисторів LDR і LDR'. Якщо кількість світла, що потрапляє на них, однакова, то опір фоторезисторів є рівними. Наприклад, якщо напруга живлення 12 В, то в місці з'єднання фоторезисторів LDR LDR' буде напруга в 6 В. Якщо кількість світла потрапляє на один фоторезистор буде більше, ніж на іншому, то напруга буде змінюватися [21].

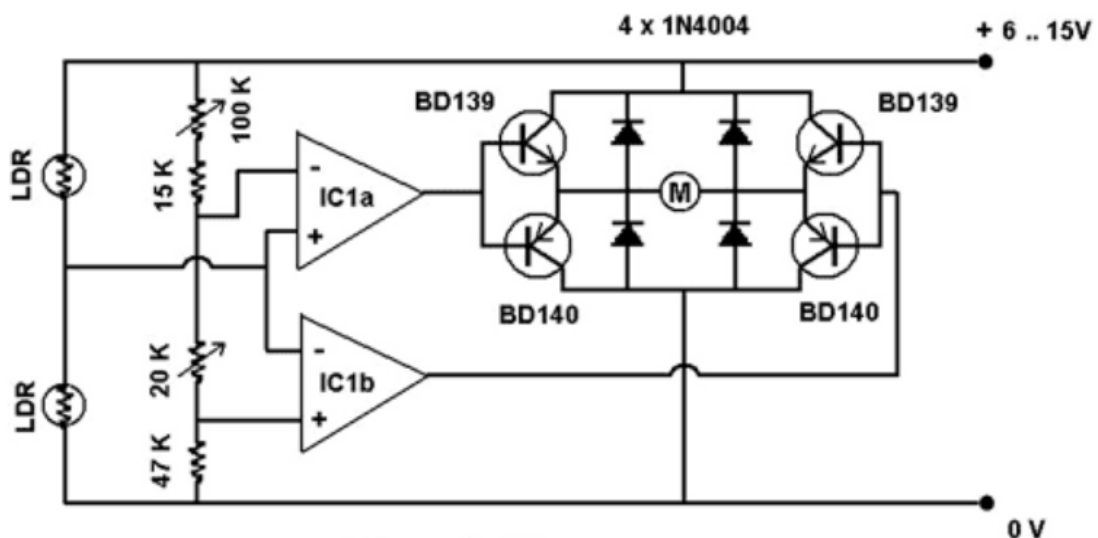


Рисунок 1.12 – Схема сонячного трекера на фоторезисторах

Обмеження (ліміт) від  $+V$  до  $0V$  встановлюються чотирма послідовно з'єднаними резисторами і підлаштовується 2-ма настроєчними резисторами. Якщо напруга вийде за межі цих обмежень, то ОП запусить мотор і він постійно буде обертатися. Настроєчний резистор  $20K$  регулює чутливість, тобто діапазон між лімітами. Настроєчний резистор  $100K$  регулює те, наскільки ліміти будуть симетричні щодо  $+V/2$  (точка балансу).

### 1.5.2 Сонячний трекер на мікроконтролері

У цій схемі використовується контролер Arduino. Він періодично зчитує значення з двох фоторезисторів і порівнює їх. Якщо значення з датчиків однакові, значить панель наведена на сонце. У разі, якщо значення одного з датчиків відрізняється від іншого, контролер дає команду для повороту двигуна. Він буде працювати до тих пір, поки значення на датчиках не зрівняються [22].

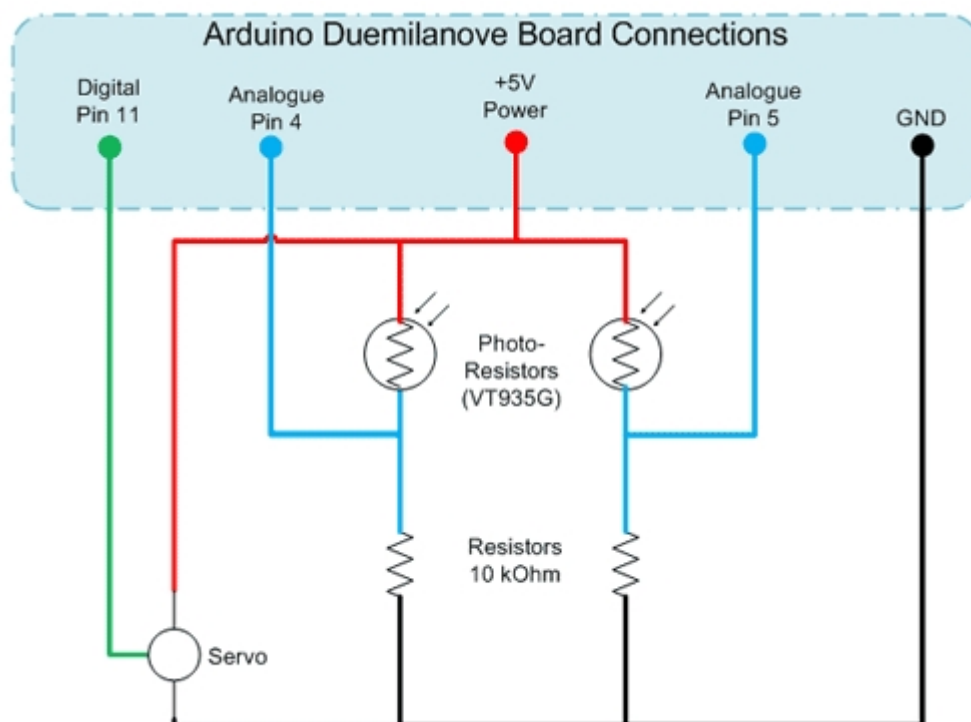


Рисунок 1.13 – Схема сонячного трекера на контролері Arduino

## 1.6 Оцінювання наукового, технічного та економічного рівня НДР

Однозначно визначити техніко-економічний рівень нової розробки при великій кількості технічних та економічних показників достатньо важко. Однак бажано визначити узагальнюючу оцінку техніко-економічного рівня НДДКР. Перспективність теми даної магістерської кваліфікаційної роботи можна оцінити за допомогою бального методу оцінок НДДКР. Бальна оцінка полягає в тому, що кожному параметру присвоюється певний бал в залежності від різних факторів. Для узагальнюючої оцінки технічного рівня береться сума балів за всіма показниками.

Таблиця 1.2 Порівняння технічних показників аналогу та нової розробки

Показники (параметри)	Одиниця вимірювання	Аналог	Проектований пристрій	Відношення параметрів нової розробки до аналога
Напруга живлення	В	12,0	12,0	1,0
Струм навантаження	мА	500	500	1,0
Робоча частота	МГц	2	1	2,0
Діапазон температур	°С	-20...+120	-60...+120	1,29

В таблиці 1.3 наведено критерії та бальна оцінка для визначення наукового та технічного рівня науково-дослідної роботи.

Виходячи з цього, для ефективного дослідження доцільно орієнтуватися на час проведення НДДКР - 2 роки і менше (+2), при чому технічні показники результатів плануються на рівні кращих світових зразків (0); також немає впевненості в отриманні авторських свідоцтв (-1); строк окупності витрат 2 роки і менше (+3).



Таблиця 1.3 – Критерії та бальна оцінка для визначення наукового, технічного та економічного рівня науково-дослідної роботи

Критерії оцінки	Шкала критеріїв	Індекс оцінки
Час, необхідний для проведення НДР	2 роки і менше	+2
	3 роки	+1
	4 роки	0
	5-6 років	-1
	7 років і більше	-2
Технічні показники результатів розробки	Вище рівня кращих світових зразків	+2
	На рівні кращих світових зразків	0
	Нижче рівня кращих світових зразків	-2
Можливості отримання авторських свідоцтв на винахід	Впевненість в отриманні авторських свідоцтв	+2
	Часткові можливості	0
	Можливості немає	-1
Строк окупності витрат	2 роки і менше	+3
	3-4 роки	+2
	5 років	0
	6-7 років	-1
	8 років і більше	-2

В таблиці 1.4 наведено можливі результати оцінки теми НДДКР.

Таблиця 1.4 – Можливі результати оцінки теми НДДКР

Сума індексів	Оцінка теми
Позитивна(+)	Розробка є досить перспективною
Задовільна(0)	Розробка перспективна
Негативна(-)	Розробка не перспективна

Проаналізувавши дані таблиць 1.3 та 1.4, та підрахувавши загальну суму балів (+2+0-1+3=+4), робимо висновок, що розробка є досить перспективною.

### 1.7 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки (результатів НДДКР), створеної в результаті науково-технічної діяльності. В результаті оцінювання робиться висновок щодо

напрямів (особливостей) організації подальшого її впровадження з врахуванням встановленого рейтингу.

Рекомендується здійснювати оцінювання комерційного потенціалу розробки за 12-ма критеріями, наведеними в таблиці 1.5 [23].

Таблиця 1.5 - Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Критерій	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкуренція немає

## Продовження таблиці 1.5

Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки зведемо до таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 - Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	експерт		
	1	2	3
	Бали, виставлені експертами:		
1	3	3	3
2	3	3	4
3	3	2	3
4	3	4	2
5	3	3	2
6	3	4	2
7	3	2	3
8	3	3	3
9	3	3	3
10	3	3	3
11	2	3	4
12	3	3	3
Сума балів	35	36	34
Середньоарифметична сума балів СБ	35		

За даними таблиці 1.6 зробимо висновок щодо рівня комерційного потенціалу розробки. При цьому доцільно користуватися рекомендаціями, наведеними в таблиці 1.7 [23].

Таблиця 1.7 - Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів СБ, розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0 - 10	Низький
11 - 20	Нижче середнього
21 - 30	Середній
31 - 40	Вище середнього
41 - 48	Високий

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки становить 36 балів, що, згідно таблиці 1.6, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього).

## 1.8 Розрахунок узагальненого коефіцієнта якості для нового рішення

В процесі дослідження розробки для пристрою необхідно розглянути основні технічні показники, які по-різному впливають на загальну якість розробки, для аналізу якості інноваційного рішення.

Узагальнений коефіцієнт якості ( $B_n$ ) для нового технічного рішення розрахуємо за формулою [23]:

$$B_n = \sum_{i=1}^k \alpha_i \cdot \beta_i, \quad (1.1)$$

де  $k$  – кількість найбільш важливих технічних показників, які впливають на якість нового технічного рішення;

$\alpha_i$  – коефіцієнт, який враховує питому вагу  $i$ -го технічного показника в загальній якості розробки. Коефіцієнт  $\alpha_i$  визначається експертним

шляхом і при цьому має виконуватись умова  $\sum_{i=1}^k \alpha_i = 1$  ;

$\beta_i$  – відносне значення  $i$ -го технічного показника якості нової розробки.

Відносні значення  $\beta_i$  для різних випадків розраховують за такими формулами:

- для показників, зростання яких вказує на підвищення в лінійній залежності якості нової розробки:

$$\beta_i = \frac{I_{ni}}{I_{ai}}, \quad (1.2)$$

де  $I_{ni}$  та  $I_{na}$  – чисельні значення конкретного  $i$ -го технічного показника якості відповідно для нової розробки та аналога;

- для показників, зростання яких вказує на погіршення в лінійній залежності якості нової розробки:

$$\beta_i = \frac{I_{ai}}{I_{ni}} ; \quad (1.3)$$

Використовуючи наведені залежності можемо проаналізувати та порівняти техніко-економічні характеристики аналогу та майбутньої розробки на основі отриманих наявних та проектних показників, а результати порівняння зведемо до таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Порівняння основних параметрів пристрою що проектується та аналога.

Показники (параметри)	Одиниця вимірювання	Аналог	Проектований пристрій	Відношення параметрів нової розробки до аналога	Питома вага показника
Напруга живлення	В	12,0	12,0	1,0	0,15
Струм навантаження	мА	500	500	1,0	0,15
Робоча частота	МГц	2	1	2,0	0,4
Діапазон температур	°С	-20...+120	-60...+120	1,29	0,3

Узагальнений коефіцієнт якості ( $B_n$ ) для нового технічного рішення удосконаленої системи управління сонячною панеллю на наноструктурних елементах:

$$B_n = \sum_{i=1}^k \alpha_i \cdot \beta_i = 1,0 \cdot 0,15 + 1,0 \cdot 0,15 + 2,0 \cdot 0,4 + 1,29 \cdot 0,3 = 1,49$$

Отже за технічними параметрами, згідно узагальненого коефіцієнту якості розробки, система управління сонячною панеллю на наноструктурних елементах переважає існуючі аналоги приблизно в 1,49 рази.

## 1.6 Висновки по розділу

Проведено аналіз систем орієнтування сонячних панелей для більш ефективного використання сонячної енергії. Також було проведено огляд різних типів трекерних установок та різних типів використовуваних сонячних панелей. Наведено способи орієнтації сонячного трекера, склад установки

орієнтування, а також принципи його роботи, а також розглянуто основні схеми сонячних трекерів.

Оскільки з усіх методів управління сонячними панелями є програмний метод, то було вирішено використати модель одноосьового сонячного трекера на мікроконтролері.

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки становить 35 балів, що свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього). При оцінюванні за технічними параметрами, згідно узагальненого коефіцієнту якості розробки, удосконалений пристрій переважає існуючі аналоги приблизно в 1,49 рази. Отже можна зробити висновок про доцільність проведення НДДКР з розробки системи управління сонячною панеллю на наноструктурних елементах.

## 2 РОЗРОБКА ТА МОДЕЛЮВАННЯ СХЕМИ СОНЯЧНОГО ТРЕКЕРА

В даному розділі проведено розробку сонячного трекера, розроблено його структурну та електричну схему, проведено моделювання за допомогою програмного засобу, яке продемонструвало та підтвердило його працездатність.

### 2.1 Розробка структурної схеми сонячного трекера

Згідно певних задач розроблено структурну схему пристрою, яка показана на рис. 2.1.

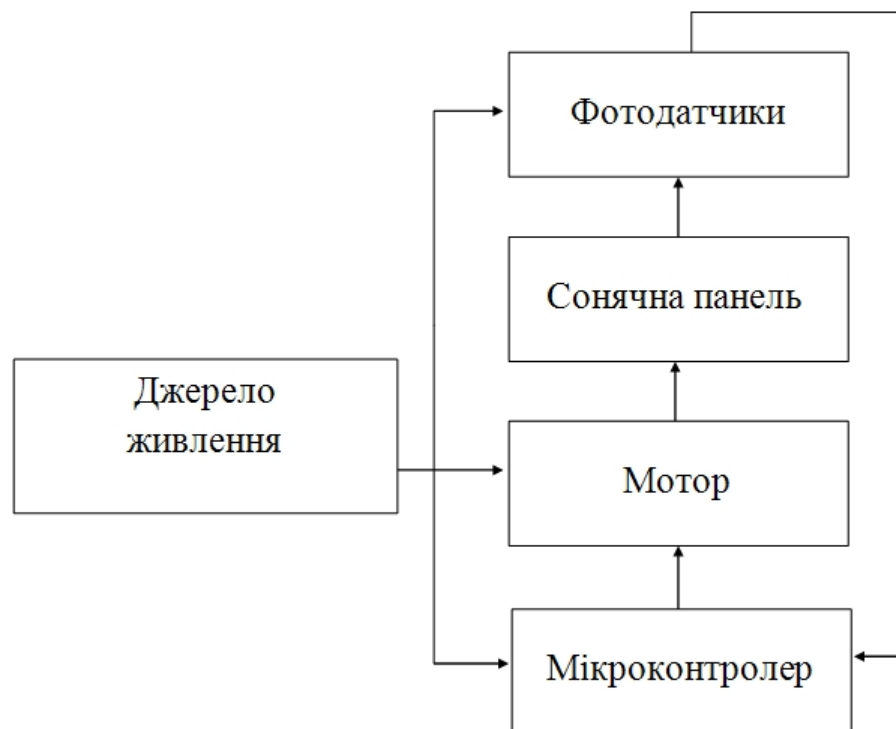


Рисунок 2.1 – Структурна схема сонячного трекера

До структурної схеми входять наступні компоненти:

- джерело живлення з метою забезпечення живлення всіх компонентів;
- мікроконтролер з метою управління схемою;



- мотор з метою зміни положення фотодатчиків і, відповідно, сонячної панелі, внаслідок отримання сигналу від мікроконтролера;
- фотодатчики (фоторезистори), які визначають положення мотора, реагують на світло та передають відповідне значення на мікроконтролер для подальшого управління схеми.

## 2.2 Розробка електричної схеми сонячного трекера

На основі структурної схеми розроблено електричну схему пристрою, яка зображена на рис. 2.2.

Принцип роботи схеми полягає у наступному. Одним з основних елементів схеми являється мікроконтролер. Розглянемо можливість використання мікроконтролера ATmega8 для сонячного трекера. Для цього розглянемо його характеристики [24].

Загальні характеристики:

- 8-розрядний високопродуктивний AVR мікроконтролер з малим споживанням.
- 130 високопродуктивних команд, більшість команд виконується за один тактовий цикл.
- 32 8-розрядних робочих регістра загального призначення.
- Незалежна пам'ять програм і даних.
- 8 Кбайт внутрішньосистемної програмованої Flash пам'яті.
- Забезпечує 1000 циклів стирання / запису.
- Забезпечено режим одночасного читання / запису.
- 1 Кбайт вбудованої RAM.
- Вбудований аналоговий компаратор.
- Вбудований калібрований RC-генератор.
- робочі напруги 4,5 - 5,5 В.
- робоча частота 0 - 16 МГц.

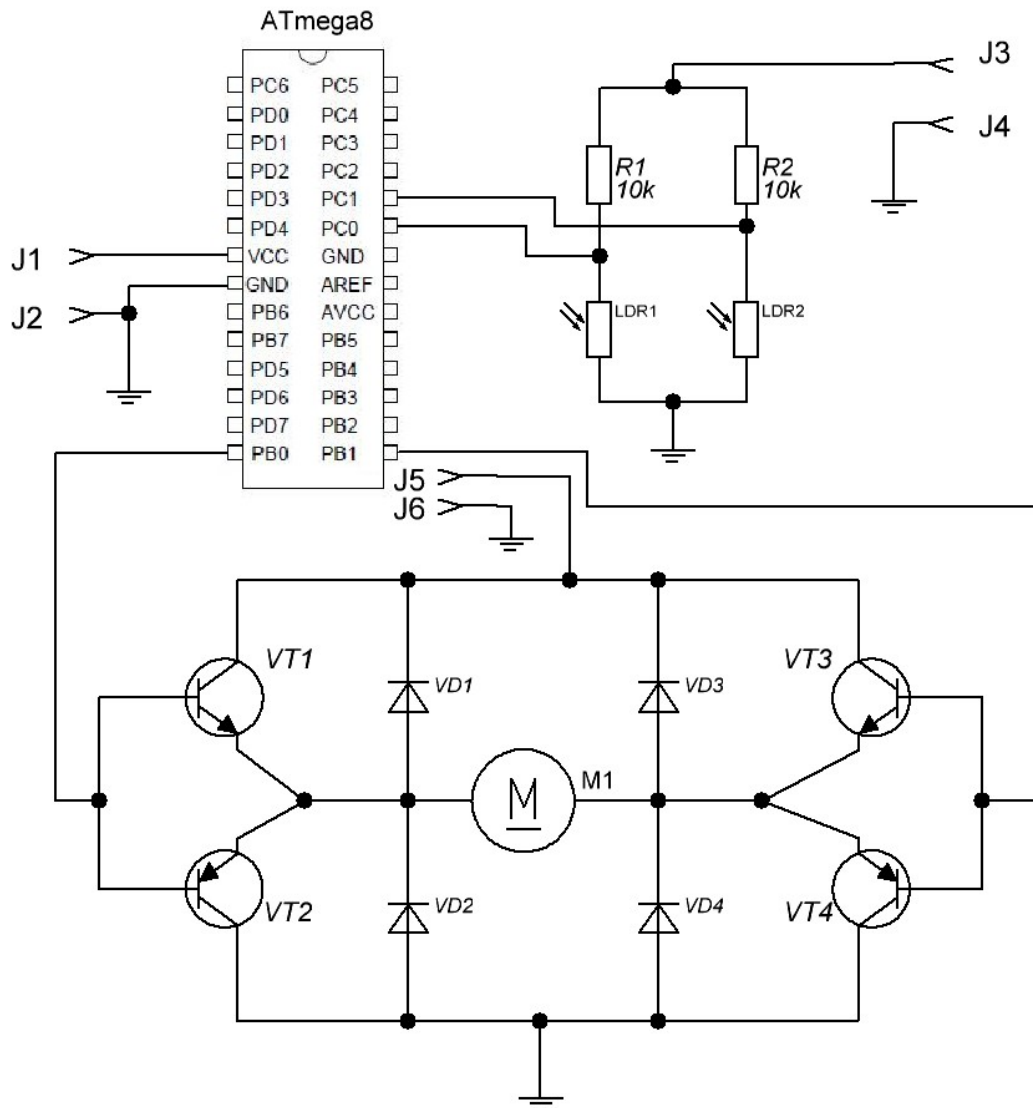


Рисунок 2.2 – Схема електрична принципова сонячного трекера

Для керування напрямком обертання двигуна була розроблена мостова схема. Опитування фоторезисторів і управління двигуном виконує мікроконтролер. Вистачило б і простого компаратора, але в перспективі мікроконтролер повинен виконувати ще деякі супутні функції. Перевага схеми в тому, що вона не вимагає дотримання точних номіналів резисторів та додаткового налаштування.

Розроблено блок-схему алгоритму роботи мікроконтролера, що входить до складу схеми сонячного трекера, яка зображена на рис. 2.3.



Рисунок 2.3 – Блок-схема алгоритму роботи мікроконтролера

### 2.3 Моделювання роботи схеми сонячного трекера в ISIS Proteus

Для моделювання роботи схеми пристрою радіочастотного зчитування обрано програмне середовище Proteus. Це програмне середовище дозволяє провести моделювання роботи схеми і розведення плати та компоновання елементів. Використовуючи стандартні компоненти бібліотек зібрано схему для моделювання (рис. 2.4).

При увімкненні джерела живлення починається початкова ініціалізація мікроконтролера. Після чого, якщо у пам'яті мікроконтролера записаний виконуваний код, то відбувається його негайне виконання, якщо ж немає, то потрібно його встановити [25].

Щоб переконатися в правильності написання програми для мікроконтролера та правильній роботі схеми проведемо наступний аналіз.

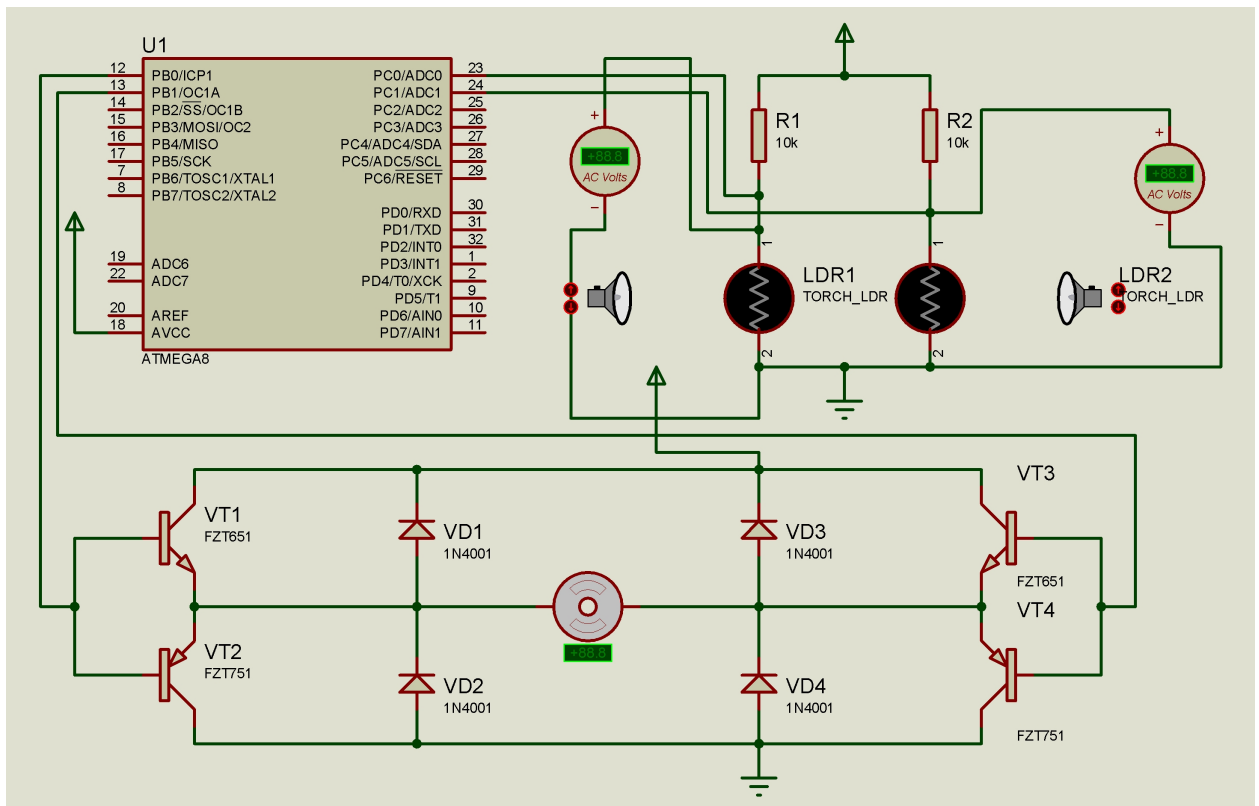


Рисунок 2.4 – Схема для моделювання

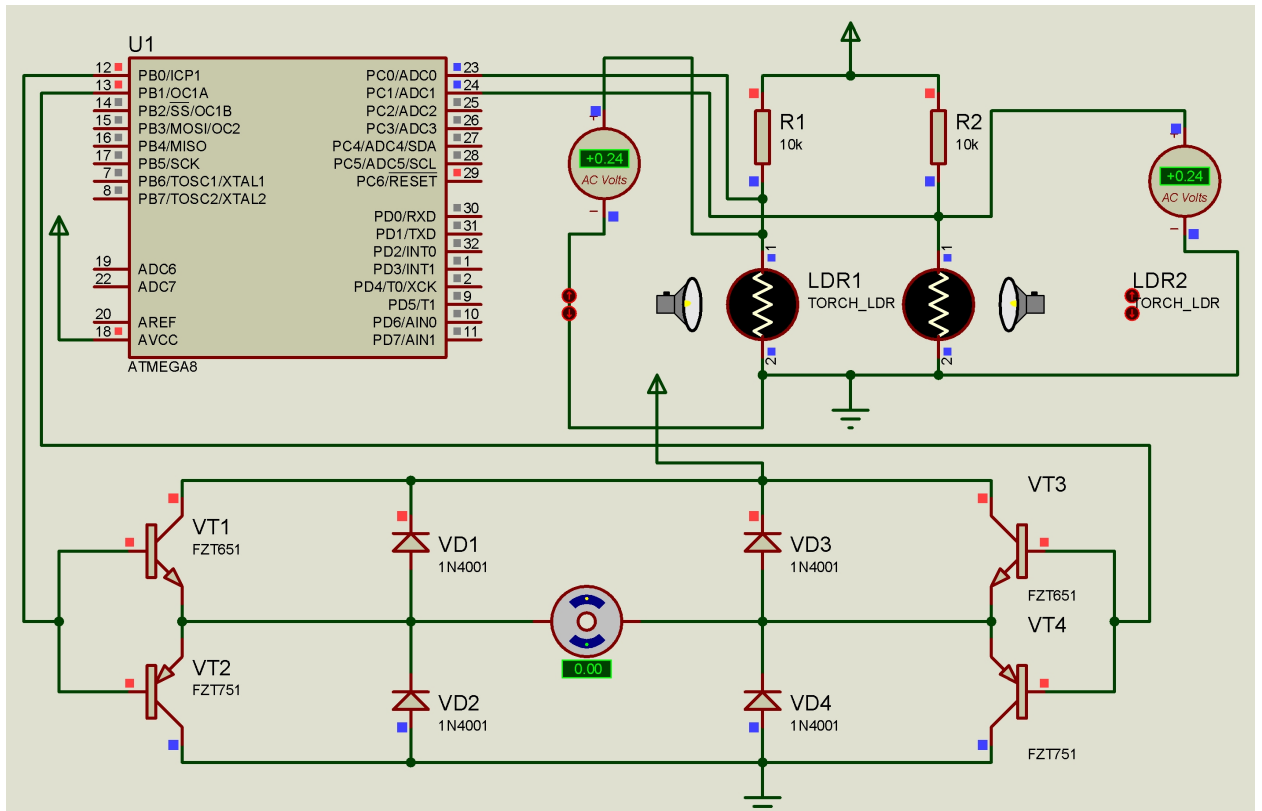


Рисунок 2.5 – Робота схеми при положенні на сонці

Для початку вмикаємо схему та встановлюємо у положення рівномірного освітлення на сонці (рис. 2.5). Як видно, напруга на фоторезисторах однакова, тобто схема знаходиться у стані рівноваги і мотор не крутиться.

Нехай, освітлення фоторезисторів змінилося і стало не рівномірним, а саме зменшилось на першому. Тоді напруга змінюється, результат надходить у мікроконтролер і він надсилає відповідний сигнал на мотор, що змушує його крутитися проти годинникової стрілки (рис. 2.6).

Тепер зробимо навпаки. Нехай, освітлення фоторезисторів змінилося і стало не рівномірним, а саме зменшилось на другому. Тоді напруга змінюється, результат надходить у мікроконтролер і він надсилає відповідний сигнал на мотор, що змушує його крутитися за годинниковою стрілкою (рис. 2.7).

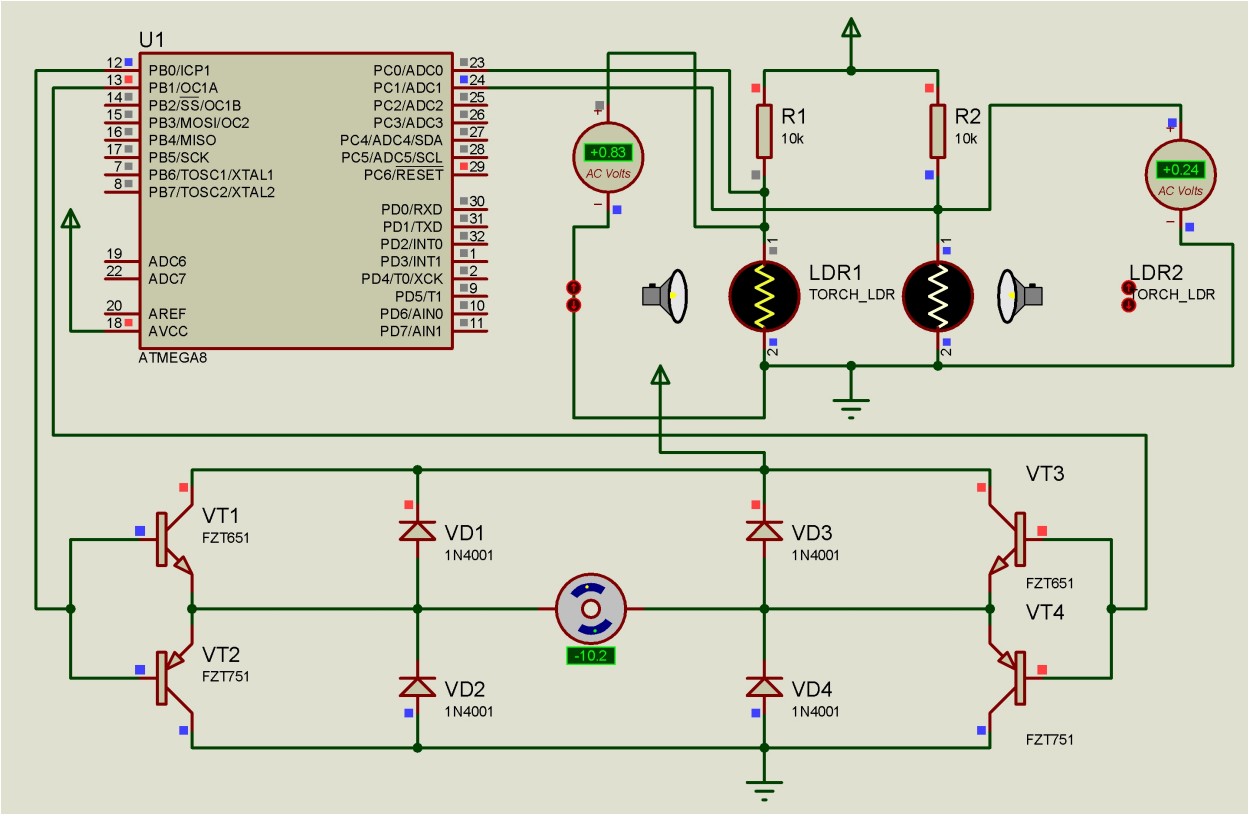


Рисунок 2.6 – Робота схеми при зміні освітлення першого фоторезистора

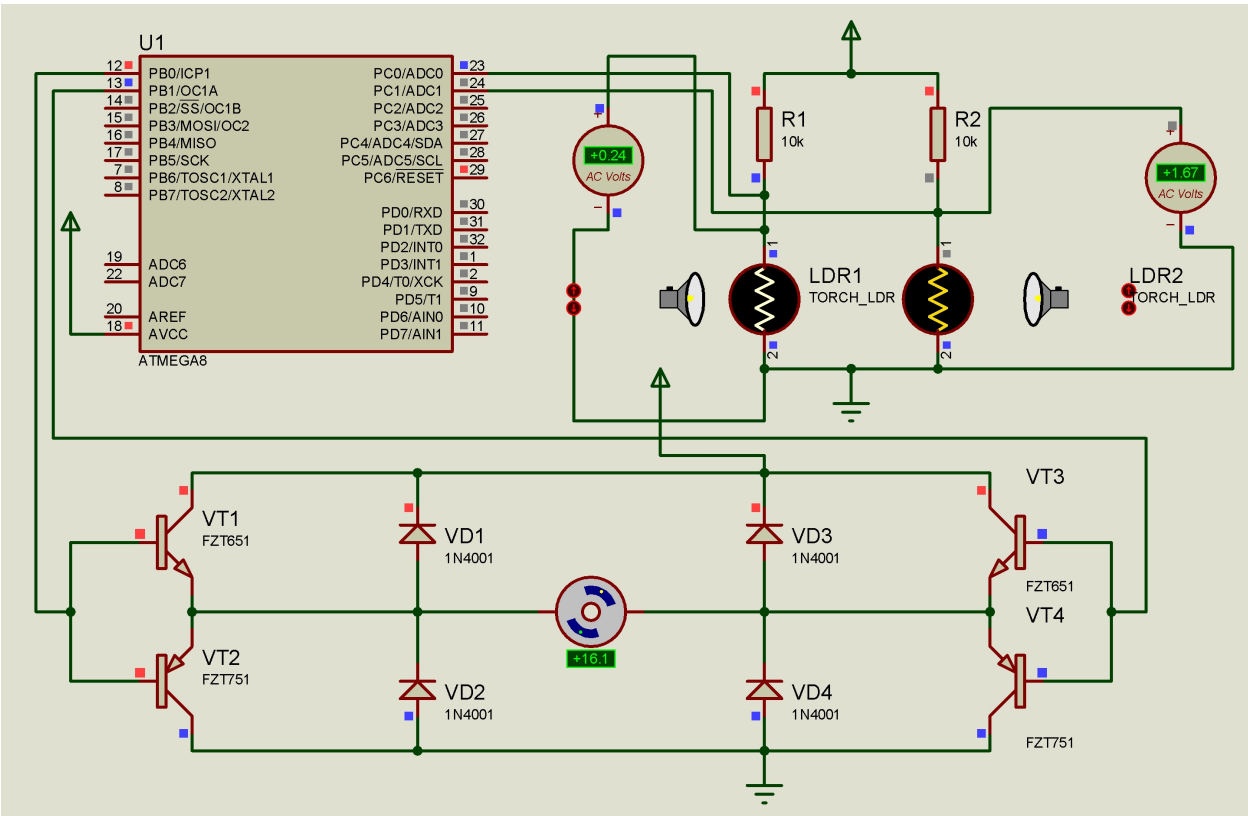


Рисунок 2.7 – Робота схеми при зміні освітлення другого фоторезистора

Отже, результати проведеного моделювання свідчать про те, що схема працює справно. Фотодатчики реагують на зміну освітлення, мікроконтролер керує схемою та надсилає відповідні сигнали на мотор, що змушує його обертатися. При цьому напрямки обертання точно співпадають із положеннями фоторезисторів, що є результатом правильної роботи програми контролера та схеми в цілому.

## 2.4 Порівняльний розрахунок потоку сонячного випромінювання

Розглянемо різницю між середнім і істинним сонячним часом, яка називається рівнянням часу (ЕОТ) для кожного місяця з січня по грудень, для розрахунків візьмемо перше число кожного місяця. Розрахунки ЕОТ не залежать від місця застосування і для спрощення розрахунку можна скористатися таблицями, які знаходяться у вільному доступі [26].

Таблиця 2.1 - Значення ЕОТ в залежності від місяця для Вінниці

Міс.	січ	лют	бер	кві	тра	чер	лип	сер	вер	жов	лис	гру
ЕОТ	1,9	13,4	14,4	6,1	-2,4	-3,5	1,9	5,7	0,8	-9,6	-16,3	-11,7

Залежність істинного значення сонячного і місцевого часу має вигляд:

де  $t_{\text{міс}}$  – місцевий час;  $\Delta t$  – поправка на перехід на літній час (=1 після переходу на літній час; =0 після переходу на зимовий). Отже, для України з листопада по березень – зимовий час, а з квітня по жовтень - літній.

Відповідно до формули:

де  $\delta$  – місцева довгота (Для Вінниці 28,3 °С)

.

Коли все величини відомі, розрахуємо  $T_s$  для кожного місяця.

Таблиця 2.2 - Значення  $T_s$  в залежності від місяця

Міс.	січ	лют	бер	кві	тра	чер	лип	сер	вер	жов	лис	гру
$T_s$ , год	9,64	9,45	9,43	9,57	8,71	8,73	8,64	8,57	8,66	8,83	9,94	9,86

Тепер необхідно розрахувати місцевий годинний кут. Згідно з формулою:

Таблиця 2.3 - Значення місцевого годинного кута в залежності від місяця

Міс.	січ	лют	бер	кві	тра	чер	лип	сер	вер	жов	лис	гру
$\tau$	35,43	38,3	38,55	36,49	49,35	49,07	50,43	51,38	50,16	47,55	30,87	32,04

Далі визначатимемо кут нахилу сонця. Його можна визначити за формулою:

де  $d$  – порядковий номер дня в році.

Таблиця 2.4 – Значення кута нахилу сонця в залежності від місяця



Міс.	січ	лют	бер	кві	тра	чер	лип	сер	вер	жов	лис	гру
$\delta$ ,	-23,01	-17,52	-8,29	4,02	14,90	22,04	23,12	17,91	7,72	-4,22	-15,36	-22,11

Відповідно до формули

висота сонцестояння залежить від кута нахилу сонця , місцевого годинникового кута і широти місцевості . Широта місцевості відповідає географічному розташуванню сонячних панелей (для Вінниці =49) [27].

Таблиця 2.5 - Значення висоти сонцестояння в залежності від місяця

Міс.	січ	лют	бер	кві	тра	чер	лип	сер	вер	жов	лис	гру
$h_c$	12,20	16,09	24,25	36,07	37,76	43,25	43,15	38,75	31,64	23,32	20,91	14,23

Далі розрахуємо  $K_{at}$  - коефіцієнт поправки на повітряну масу, яку необхідно пройти променю. Відповідно до формули:

Таблиця 2.6 - Значення коефіцієнта поправки на повітряну масу в залежності від місяця

Міс.	січ	лют	бер	кві	тра	чер	лип	сер	вер	жов	лис	гру
$K_{at}$	0,48	0,63	0,79	0,89	0,90	0,93	0,93	0,91	0,87	0,78	0,74	0,57

Далі визначимо кількість сонячної радіації. Потік прямої сонячної радіації на поверхню, розташовану під кутом до цього потоку дорівнює:

де - кількість радіації, що надходить від Сонця на землю. Ця величина є сонячною константою, що дорівнює  $1325 \text{ Вт/м}^2$ . При розрахунку потрібно враховувати, що 30...35% цієї енергії відбивається назад в космос, тому візьмемо  $= 925 \text{ Вт/м}^2$  [28].

- приведений кут падіння сонячних променів на поверхню інсоляції.
- коефіцієнт поправки на повітряну масу, яку необхідно пройти променю.

Формула потоку сонячного випромінювання для сонячної панелі з одноосьовою системою керування матиме вигляд:

В даному випадку враховано кут нахилу поверхні до горизонту по другій осі (зазвичай кут дорівнює широті місця розташування сонячних панелей).

Підставивши необхідні значення матимемо результати, які подані в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 - Значення потоку сонячного випромінювання при використанні одноосьової системи орієнтування в залежності від місяця

М	січ	лют	бер	кві	тра	чер	лип	сер	вер	жов	лис	гру
$Sr_1, \text{ Вт/м}^2$	367,1	507,3	685,7	826,0	839,1	872,1	871,6	846,1	784,4	670,0	624,9	447,6

Розрахувати значення потоку сонячного випромінювання на нерухому поверхню, встановлену під кутом до горизонту, можна за формулою:

Підставивши необхідні значення матимемо результати, які подані в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 - Значення потужності без системи орієнтування в залежності від місяця

М	січ	лют	бер	кві	тра	чер	лип	сер	вер	жов	лис	гру
$Sr_2$ , Вт/м <sup>2</sup>	212,8	314,4	427,3	491,2	636,7	658,9	671,8	661,1	602,3	494,3	320,6	237,4

Для порівняння ефективності цих систем орієнтування створимо візуалізацію результатів розрахунків.

Рисунок 2.8 – Діаграма максимального потоку сонячного випромінювання в залежності від місяця

За графіками можна побачити, що система орієнтування максимально себе реалізує в холодну пору року. Можна вирахувати відношення ефективності між одноосьовою системою керування сонячними панелями та системою без керування.

Отже, за результатами розрахунків за рік одноосьова система орієнтування дає приріст приблизно 45 відсотків у порівнянні з панелями без орієнтування.

## 2.5 Висновки до другого розділу

Розроблено структурну схему сонячного трека та описано призначення її основних складових компонентів. На базі структурної схеми

розроблено електричну схему сонячного трекера та описано принцип її роботи. Також розроблено блок-схему алгоритму роботи мікроконтролера.

Промодельовано розроблену електричну схему сонячного трекера в різних режимах роботи, що підтверджує можливість її практичної реалізації. Також був проведений розрахунок потоку сонячного випромінювання для міста Вінниці за рік, який показав, що застосування одноосьових трекерів збільшує ефективність на 45 відсотків у порівнянні зі стаціонарними системами.

### **3 РОЗРОБКА ПЛАТИ ТА ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ СОНЯЧНОГО ТРЕКЕРА**

Проведено обґрунтування вибору мікроконтролера, типу та матеріалу друкованої плати, класу точності та кроку координатної сітки, на основі чого розроблено друковану плату та складальне креслення радіочастотного зчитувача.

#### **3.1 Вибір типу та матеріалу друкованої плати**

При виборі типу друкованої плати необхідно враховувати техніко-економічні показники. Модель цього пристрою не надто складна по конструкції і складається з доступних радіоелементів. Вибрано двосторонню друковану плату, яка характеризується високими комутаційними властивостями через металізації отворів, підвищену міцність завдяки з'єднанням для завершення елемента з малюнком пластини і низькою вартістю.

Для виготовлення друкованої плати використовуються листові діелектрики. Вихідними матеріалами для його виготовлення є папір або скловолокно, просочені синтетичними смолами або лавсанові, фторопластовим і полімерною плівкою. Мідна фольга приклеюється до поверхні фольгованих матеріалів з одного або двох сторін фольги в процесі виробництва. Його товщина становить від 20 до 50 мкм.

У нас є такі вимоги до матеріалу:

- високі технології;
- високі електрофізичні властивості;
- забезпечити високу адгезію;
- мінімальна механічна деформація.

У таблиці 3.1 представлені основні властивості матеріалів друкованих плат [29].

Таблиця 3.1 – Властивості матеріалів друкованих плат

Параметри	Гетинакс	Текстоліт	Склотекстоліт
Щільність без фольги, г/см <sup>3</sup>	1,3...1,4	1,3...1,45	1,6...1,8
Відносна діелектрична проникність	4,5...6	4,5...6	5...6
Питомий об'ємний опір, Ом·м	1012...1014	1012...1014	1014...1015
Діапазон робочих температур, °С	-60...+80	-60...+105	-60...+120
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м×К)	0,25...0,3	0,23...0,34	0,34...0,74
Температурний коефіцієнт лінійного розширення, 10 <sup>-6</sup> К <sup>-1</sup>	22	22	8...9

Найчастіше для виготовлення друкованих плат використовують склотекстоліт і гетинакс наступних марок:

- ГФ – фольгований гетинакс;
  - СФ – фольгований склотекстоліт;
  - ФГС – склотекстоліт фольгований травильний;
  - СФПН – склотекстоліт фольгований нагрівостійкий;
- СТФ – склотекстоліт теплостійкий.

Товщина друкованої плати визначається товщиною вихідного матеріалу і вибирається залежно від елементної бази та навантажень.

Оптимальні параметри для розробки мікропроцесорного рідера, згідно з таблицею. 3.1, має склотекстоліт. Тому ми вибираємо двосторонній склотекстоліт СФ-2-35-1,5 марки ТУ16-503.271-86, який має товщину листа 35 мкм, товщину матеріалу з листом 1,5 мм. і діапазон робочих температур від -60 до + 120 ° С. Цей матеріал, згідно [29], має досить високу ударостійкість і здатний витримувати перевантаження 25 г і механічні удари з тривалістю 13 мілісекунди імпульс. Покритий захисним лаком, склотекстолітовий лист стає нечутливим до вологи у всьому діапазоні робочих температур, що відповідає вимогам технічної специфікації.

### **3.2 Вибір класу точності та методу проектування друкованої плати**

До друкованих плат висуваються такі вимоги:

1. Висока точність розташування струмопровідного рисунка
2. Велика величина опору діелектрика
3. Висока механічна міцність
4. Добра здатність до паяння, особливо після тривалого зберігання.

Досягається шляхом вибору типу покриття та технологією його нанесення.

Точність розташування струмопровідного рисунка регламентується вимогами держстандартів. З цією метою введено поняття класу точності друкованих плат.

Таблиця 3.2 – Класи точності друкованих плат

Параметри конструкції плат, мм	Клас точності				
	1	2	3	4	5
1. Ширина друкованих провідників	0,75	0,45	0,25	0,15	0,1
2. Відстань між суміжними провідниками	0,75	0,45	0,25	0,15	0,1
3. Ширина гарантійного пояса	0,3	0,2	0,1	0,05	0,0025
4. Відносна товщина ДП	0,4	0,4	0,33	0,25	0,2

Для даного виробу (згідно таблиці 3.2), з огляду на не складне трасування найкращим варіантом буде вибір 2-го класу точності друкованої плати (не вимагає використання високоякісних матеріалів, інструментів і обладнання)

Цей клас характеризується наступними параметрами конструкції:

- а) ширина провідника – 0,45 мм;
- б) відстань між сусідніми доріжками – 0,45 мм;
- в) ширина гарантійного пояса – 0,2 мм;
- г) відносна товщина ДП – 0,4 мм.

Спочатку вибираємо крок затвора сітки 1,25 мм, відповідно до ГОСТ 217417-78. Розміщуємо отвори і елементи малюнка, надруковані на дошці щодо початку координат [30].

Всі контактні місця розміщені у вузлах сітки. Те ж саме стосується висновків елементарної бази.

### 3.3 Розрахунок діаметру монтажних отворів і контактних площадок

Діаметр контактних площадок розраховується відповідно до діаметру отворів з урахуванням формули допуску:

$$D_{IP} = \Delta d_{OTB} + 2\epsilon + \Delta t_B + \Delta t_{TP} + \sqrt{T_d^2 + T_D^2 + \Delta t_{HB}^2}, \quad (3.1)$$

де  $\Delta d_{OTB}$  – верхній допуск на діаметр отвору,  $\Delta d_{OTB} = 0,06$  мм;

$\epsilon$  – ширина гарантійного пояса;

$\Delta t_B$  – верхній допуск на ширину провідника,  $\Delta t_B = 0,1$  мм;

$\Delta t_{TP}$  – допуск на підтравлювання діелектрика в отворі,  $\Delta t_{TP} = 0$ ;

$T_d$  – позиційний допуск розміщення отворів,  $T_d = 0,1$  мм;

$T_D$  – допуск розміщення центрів контактних площадок,  $T_D = 0,1$  мм;

$\Delta t_{HB}$  – нижній допуск на ширину провідника,  $\Delta t_{HB} = 0,1$  мм.

.

Діаметри отворів розраховуються за формулою:

$$d = d_{вив} + (0,2...0,4), \quad (3.2)$$

де  $d_{вив}$  – діаметри виводів радіоелементів. В даному пристрої елементи мають наступні діаметри виводів: 0,3; 0,6; 0,7; 1; 1,2; 2 мм.

Здійснюємо оптимізацію діаметрів отворів:

$$d_1 = 0,3 + 0,3 = 0,6 \text{ (мм)};$$

$$d_2 = 0,6 + 0,3 = 0,9 \text{ (мм)};$$

$$d_3 = 0,7 + 0,3 = 1 \text{ (мм)};$$

$$d_4 = 1 + 0,3 = 1,3 \text{ (мм)}.$$

$$d_5 = 1,2 + 0,3 = 1,5 \text{ (мм)}.$$

$$d_6 = 2 + 0,3 = 2,3 \text{ (мм)}.$$



Діаметри контактних площадок розраховуються за формулою [30]:

(3.3)

де  $d$  – діаметр отвору;

$D_{\text{ПР}}$  – діаметр шару провідника навколо отвору.

Знаходимо діаметри контактних площадок:

$$D_1 = 0,6 + 0,7 = 1,3(\text{мм});$$

$$D_2 = 0,9 + 0,7 = 1,6(\text{мм});$$

$$D_3 = 1 + 0,7 = 1,7(\text{мм});$$

$$D_4 = 1,3 + 0,7 = 2(\text{мм}).$$

$$D_5 = 1,5 + 0,7 = 2,2(\text{мм}).$$

$$D_6 = 2,3 + 0,7 = 3(\text{мм}).$$

Отвори діаметром 0,6 мм використовуються у якості перехідних з'єднань між сторонами друкованої плати та конструктивно містять у собі металізоване покриття. Для встановлення зовнішніх компонентів використовуються отвори діаметрами 0,9; 1; 1,3; 1,5 мм та отвори діаметром 2,3 мм, що мають контактні площадки у формі квадратів 1,6; 1,7; 2; та 2,2 мм. Отвори діаметром 3 мм слугують для монтажу друкованої плати і, відповідно, не мають контактних площадок та металізації [31].

### 3.4 Розрахунок ширини провідників

Ширина провідників визначається струмом, що протікає через них, і максимально можливим падінням пружності

Для допустимого струму:

$$b_{\text{min}} = \frac{I_{\text{max}}}{j_{\text{доп}} \times t}, \quad (3.4)$$

де  $j_{\text{доп}}$  – допустима густина струму для мідного провідника,  $j_{\text{доп}} = 17 \text{ А/мм}^2$  ;

$t$  – товщина фольги,  $t = 35$  мкм;

$I_{\max}$  – максимальний постійний струм, який проходить через провідник;

$I_{\max} = 0,03$  А, згідно індивідуального завдання.

$$b_{\min} = \frac{0,03}{17 \times 0,035} = 0,05(\text{мм}) = 50(\text{мкм}) < 250(\text{мкм})$$

Визначимо мінімальну ширину провідника з умови допустимого падіння напруги:

$$b_{\min} = \frac{I_{\max} \times \rho \times l_{\max}}{\Delta U_{\text{доп}} \times t}, \quad (3.5)$$

де  $\rho$  – питомий опір провідників,  $\rho = 0,0175$  Оммм<sup>2</sup>/м;

$I_{\max}$  – струм, який проходить по провіднику,  $I_{\max} = 0,03$  А;

$l_{\max}$  – максимальна довжина провідника,  $l_{\max} = 0,1$  м;

$U_{\text{доп}}$  – допустиме падіння напруги (становить 5% від напруги живлення

$U_{\text{доп}} = 5 \times 0,05 = 0,25$  В);

$t$  – товщина фольги.

$$b_{\min} = \frac{0,03 \times 0,0175 \times 0,1}{0,25 \times 0,035} = 0,06(\text{мм}) = 60(\text{мкм}) < 250(\text{мкм})$$

Розраховані значення ширини провідників не перевищують обраних для другого класу точності.

### 3.4 Моделювання проекту в ARES PCB LAYOUT

Отримали розводку плати схеми сонячного трекера (рис. 3.1).

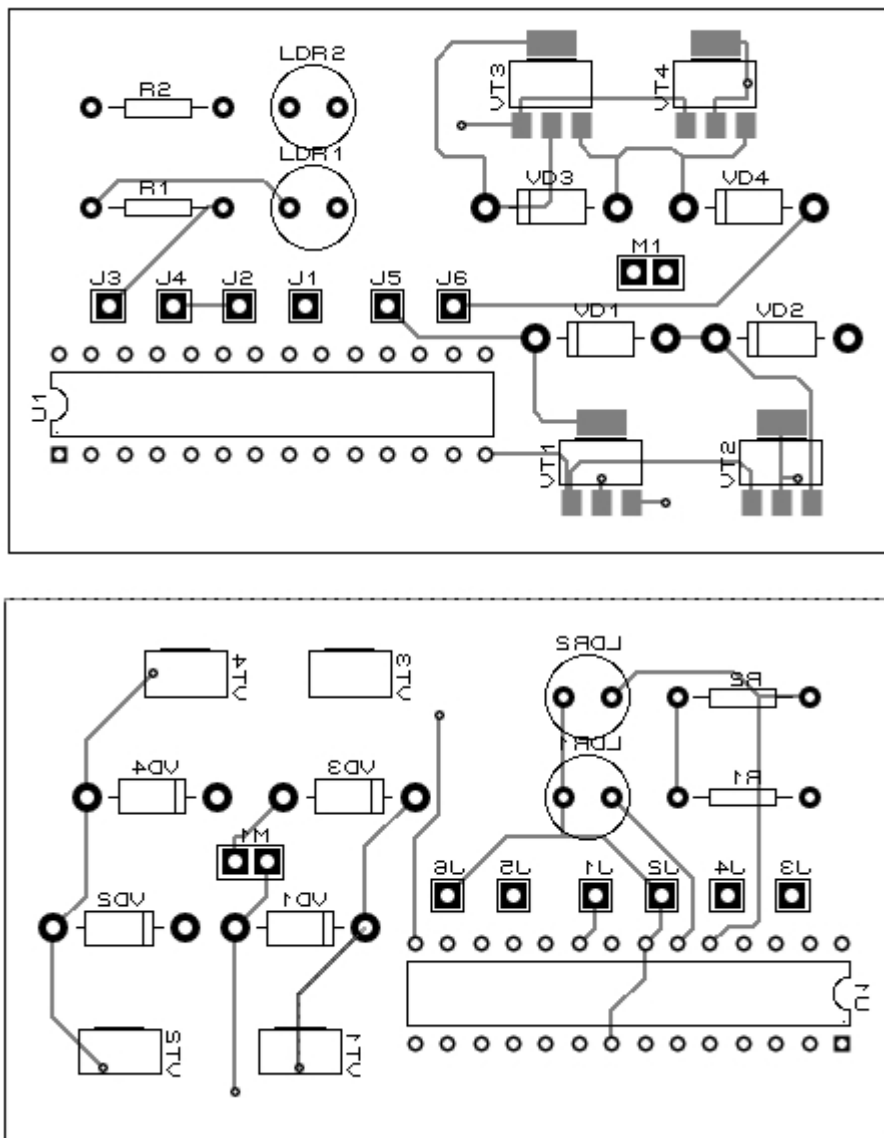


Рисунок 3.1 – Автотрасування та розміщення елементів схеми сонячного трекера

Скориставшись функціональними можливостями ARES, побудуємо візуальну трьохвимірну модель друкованої плати з встановленими компонентами. Побудована трьохвимірна модель контролера заряду сонячної панелі зображена на рисунку 3.2 – 3.3 [32].

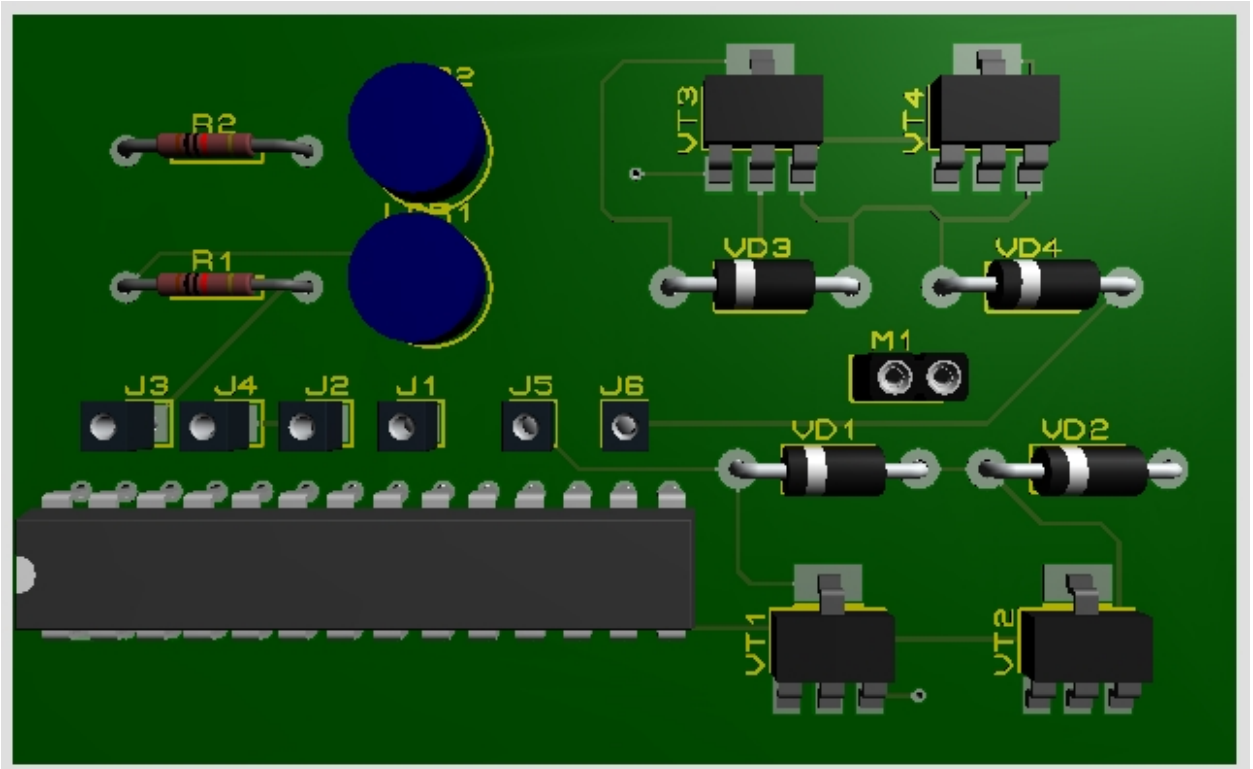


Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд розробленої друкованої плати сонячного трекера в середовищі ARES з компонентами

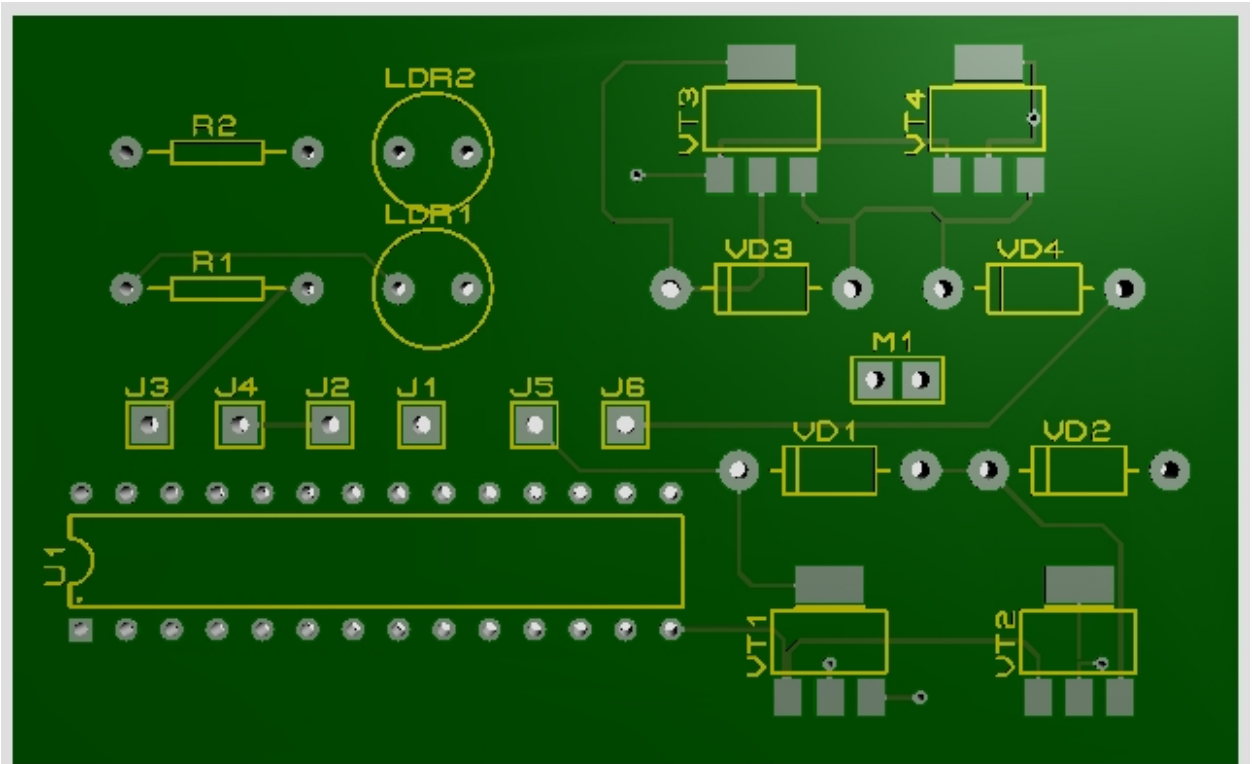


Рисунок 3.3 – Зовнішній вигляд розробленої друкованої плати сонячного трекера в середовищі ARES без компонентів

Оскільки розроблена плата контролера заряду сонячної панелі буде двостороння, також доцільно показати зовнішній вигляд розведеної плати зі сторони спайки елементів (середовище ARES це також дозволяє), який показаний на рисунку 3.4.

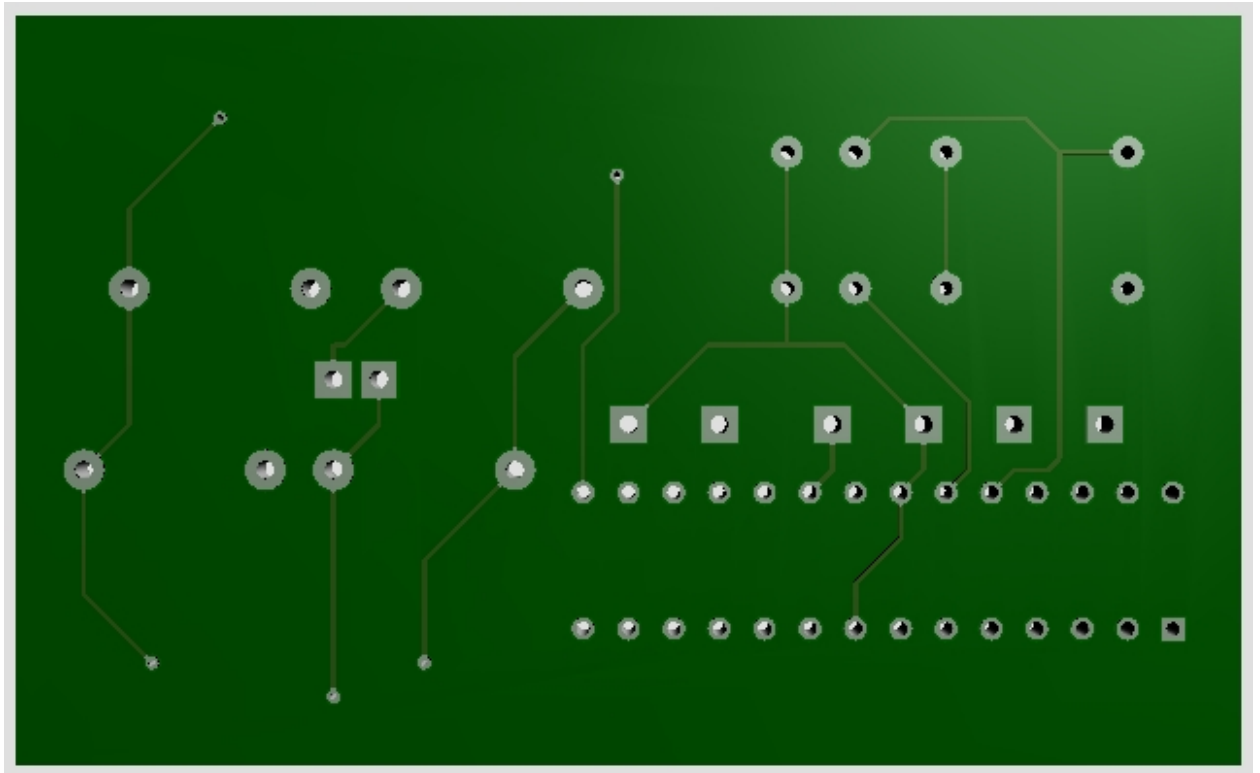


Рисунок 3.4 – Зовнішній вигляд розробленої друкованої плати контролера заряду сонячної панелі зі сторони спайки елементів

### 3.5 Висновки до третього розділу

Проведено розрахунок параметрів друкованої плати і її типу обраний - двосторонній. Цей тип характеризується високими комутаційними властивостями, підвищеною міцністю з'єднань виводів змонтованих елементів з рисунком плати, високою щільністю електронних компонентів і низькою вартістю.

Був обраний матеріал друкованої плати - двосторонній фольгований склотекстоліт СФ-2-35-1,5, ТУ16-503.271-86 (ГОСТ 10316 - 78), що має товщину 1,5 мм. Для цього типу плати була розрахована ширина друкованих провідників. Визначається товщина фольги, яка становить 35 мкм, максимальний постійний струм - 0,03 А, товщина плівки - 35 мкм. Крок сітки 1,25 мм був обраний.

Використовуючи ARES PCB Layout створено проект та проведено моделювання пристрою. Для встановлення зовнішніх компонентів використовуються отвори діаметрами 0,9; 1; 1,3; 1,5 мм та отвори діаметром 2,3 мм, що мають контактні площадки у формі квадратів 1,6; 1,7; 2; 2,2 та 3 мм. Розмір створеної друкованої плати контролера заряду сонячної панелі становить 118×72 мм; товщина плати – 1,5 мм. На основі проектів ISIS Proteus та ARES PCB Layout створено електричну принципову схему, друковану плату та складальне креслення, які наведені в додатках.

## **4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

У даному розділі наводиться розгляд шкідливих, небезпечних та уражаючих для людини та навколишнього довкілля чинників, що виникають при проведенні розробки системи управління сонячною панеллю на наноструктурних елементах. В ньому розглядаються, в тому числі, технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, перевірочне визначення КПО для верхнього природного освітлення, технічні рішення з промислової та пожежної безпеки під час проведення розробки, безпека у надзвичайних ситуаціях [33].

### **4.1 Виробнича санітарія та гігієна праці**

#### **4.1.1 Склад повітря робочої зони та мікроклімат**

Вибираємо для приміщення, де проводяться роботи з розробки системи управління сонячною панеллю на наноструктурних елементах, категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – легка Іа.

Відповідно до [34] допустимі показники температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні для холодного та теплого періодів року наведені у таблиці Х.1 додатку Х.

Перепад температури повітря за висотою робочої зони дозволяється до 3°C. Для опромінення менше 25% поверхні тіла людини, нормована інтенсивність теплового опромінення складає 100 Вт/м<sup>2</sup>.

Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій (ГДК), що використовуються при проектуванні виробничих приміщень (будівель), обладнання, технологічних процесів, вентиляцій, для контролю за якістю виробничого середовища. ГДК шкідливих речовин, що утворюються у даному виробничому приміщенні наведено в таблиці Г.2 додатку Г.

Для забезпечення нормованих показників мікроклімату та чистоти повітря робочої зони передбачено такі заходи: у приміщенні має бути встановлена система кондиціонування для теплого і опалення для холодного періодів року; здійснювати вологе прибирання кожного дня; припливно-витяжна система вентиляції, а при несприятливих погодних умовах кондиціонування.

#### 4.1.2 Виробниче освітлення

З метою створення гігієнічних раціональних умов на робочих місцях значні вимоги висуваються до якісних та кількісних показників освітлення.

З погляду задач зорової роботи в приміщенні, де проводяться роботи з розробки системи управління сонячною панеллю на наноструктурних елементах, згідно [34] знаходимо, що вони відносяться до III розряду зорових робіт. Приймаємо контраст об'єкта з фоном – великий та характеристику фону – середню, яким відповідає підрозряд зорових робіт 2.

Нормовані значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) та мінімальні значення освітленості для штучного освітлення наведені в таблиці Г.3 додатку Г.

Оскільки приміщення розташоване в місті Вінниця (друга група забезпеченості природним світлом), а світлові проєми розташовані за азимутом  $45^\circ$ , то за таких умов КЕО визначатиметься за виразом [34, 35]

$$e_N = e_n m_N [\%], \quad (4.1)$$

де  $e_n$  – табличне значення КЕО, %;

$m_N$  – коефіцієнт світлового клімату;

$N$  – номер групи забезпеченості природним світлом.

За відомими значеннями одержимо нормовані значення КПО для бокового та суміщеного освітлення:



$$e_{N,б} = 2 \cdot 0,9 = 1,8 (\%);$$

$$e_{N,с} = 1,2 \cdot 0,9 = 1,1 (\%).$$

З метою забезпечення нормативних значень показників освітлення передбачено такі заходи: за недостатнього природного освітлення у світлий час доби доповнення штучним за допомогою люмінесцентних ламп з утворенням системи суміщеного освітлення; застосування загального штучного освітлення у темний час доби.

Вихідні дані: Розміри приміщення (м):  $18 \times 8,0 \times 3,5$ . Освітлення верхнє симетрично розташованими прорізами у покритті, розміри яких (м):  $1,9 \times 2,0$ . Висота від підлоги до підвіконня – 0,8 м. Остіклення подвійне, плетіння металеві. Конфронтуючі будинки відсутні.

Оскільки приміщення знаходиться в м. Вінниця (2-га група забезпеченості природним світлом), а світлові проєми орієнтовані за азимутом  $45^\circ$ , то для таких умов КПО буде рівним [36]:

$$e_{N,верх} = e_{н.верх} m_N [\%]; \quad (4.2)$$

$$e_{N,верх} = 5 \cdot 0,9 = 4,5 (\%).$$

Розрахункове значення КПО для верхнього освітлення визначається за формулою:

$$e_p^в = \left[ \varepsilon_в + \varepsilon_{сер} (r_2 K_l - 1) \right] \frac{\tau_0}{K_3} [\%], \quad (4.3)$$

де  $\varepsilon_в$  – геометричний КПО в розрахунковій точці при верхньому освітленні, %;

$\varepsilon_{сер}$  – середнє значення геометричного КПО при верхньому освітленні на лінії перетину умовної робочої поверхні і площини характерного вертикального перерізу приміщення, %;

$r_2$  – коефіцієнт, який враховує підвищення КПО при верхньому освітленні завдяки світлу, яке відбивається від поверхонь приміщення;

$K_l$  – коефіцієнт, який враховує тип ліхтаря;

$\tau_0$  – загальний коефіцієнт світлового проникнення;

$K_3$  – коефіцієнт запасу, (для виробничих приміщень  $K_3 = 1,3 \dots 1,5$ ).

Геометричний коефіцієнт природної освітленості в будь-якій точці приміщення при верхньому освітленні визначається за формулою:

$$\varepsilon_e = 0,01 n_3 n_2 [\%], \quad (4.4)$$

де  $n_3$  – кількість променів за графіком (рисунок 4.1), які проходять від неба в розрахункову точку через світлові отвори на поперечному перерізі приміщення;

$n_2$  – кількість променів за графіком (рисунок 4.1), які проходять від неба в розрахункову точку через світлові отвори на поздовжньому перерізі приміщення (у випадку кількох світлових отворів  $n_3$  і  $n_2$  визначаються окремо для кожного отвору, а потім добуток ( $n_3 n_2$ ) підсумовується).

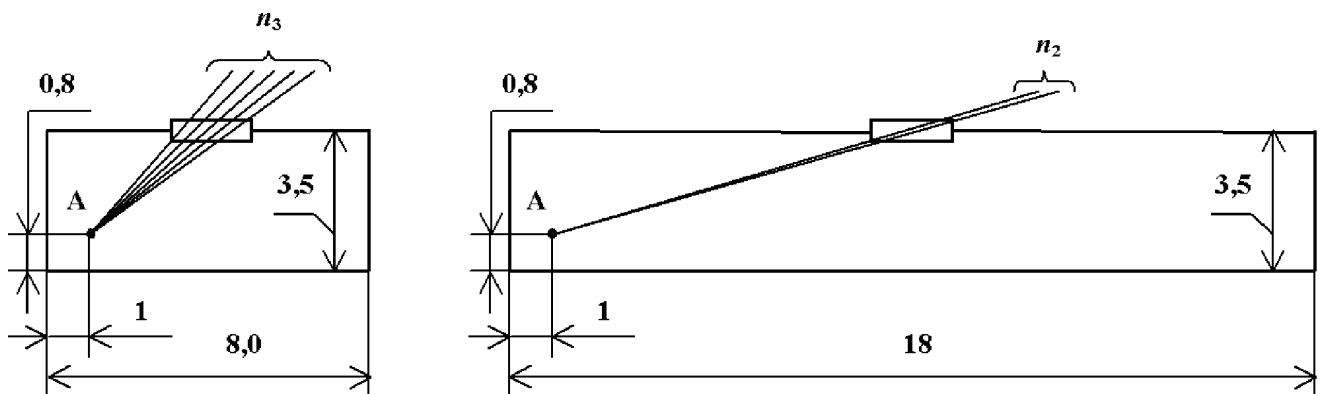


Рисунок 4.1 – Визначення кількості променів  $n_3$  і  $n_2$ , які проходять через світлові отвори при верхньому освітленні

За допомогою рисунку 4.1 визначаємо:  $n_3 = 5$ ;  $n_2 = 2$ .

Середнє значення геометричного КПО при верхньому освітленні визначається із співвідношення:

$$\varepsilon_{сер} = (\varepsilon_{\varepsilon 1} + \varepsilon_{\varepsilon 2} + \dots + \varepsilon_{\varepsilon N}) / N \quad [\%], \quad (4.5)$$

де  $N$  – кількість розрахункових точок;

$\varepsilon_{\varepsilon 1}, \varepsilon_{\varepsilon 2}, \dots, \varepsilon_{\varepsilon N}$  – геометричний КПО в розрахункових точках.

Визначимо загальний коефіцієнт світлопропускання за формулою:

$$\tau_0 = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4 \tau_5, \quad (4.6)$$

де  $\tau_1$  – коефіцієнт світлопропускання матеріалу;

$\tau_2$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла у віконній рамі;

$\tau_3$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла у несучих конструкціях (при боковому освітленні  $\tau_3 = 1$ ; при верхньому –  $\tau_3 = 0,8-0,9$ );

$\tau_4$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла у сонцезахисних пристроях;

$\tau_5$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла у захисній сітці, яка встановлюється під ліхтарями (при суміщеному освітленні приймається рівним 0,9; при природному 1).

Для визначення коефіцієнту  $r_2$  необхідно знайти середній коефіцієнт відбиття приміщення за формулою:

$$\rho_{CP} = \frac{\rho_{стелі} S_{стелі} + \rho_{стін} S_{стін} + \rho_{\Pi} S_{\Pi}}{S_{стелі} + S_{стін} + S_{\Pi}}, \quad (4.7)$$

де  $\rho_{стелі}$ ,  $\rho_{стін}$ ,  $\rho_n$  – коефіцієнти відбиття стелі, стін та підлоги відповідно;

$S_{стелі}$ ,  $S_{стін}$ ,  $S_n$  – площа стелі, стін, та підлоги відповідно, м<sup>2</sup>.

Приймаємо  $\rho_{стелі} = 0,725$ ;  $\rho_{стін} = 0,7$ ;  $\rho_n = 0,25$ . Для одинарного остіклення вибираємо  $\tau_1 = 0,9$ . Для дерев'яного виду віконних рам  $\tau_2 = 0,75$ . Для верхнього освітлення приймаємо  $\tau_3 = 0,9$ . Оскільки сонцезахисні пристрої не використовуються, то приймаємо  $\tau_4 = 1$ . Для природного освітлення приймаємо  $\tau_5 = 1$ . Приймаємо коефіцієнт запасу  $K_3 = 1,3 \dots 1,5 = 1,4$ .

Площа стелі рівна площі підлоги і знайдеться за формулою

$$S_{стелі} = S_{\Pi} = L_{\Pi} B_{\Pi} [\text{м}^2], \quad (4.8)$$

де  $L_{\Pi}$ ,  $B_{\Pi}$  – довжина та ширина підлоги відповідно, м.

Площу стін знайдемо за формулою

$$S_{стін} = H_{стіни}(2L_{\Pi} + 2B_{\Pi}) [\text{м}^2], \quad (4.9)$$

де  $H_{стіни}$  – висота стіни, м.

Після підстановки відомих значень у формули (4.6, 4.8, 4.9, 4.7, 4.4) отримаємо:

$$\tau_0 = 0,9 \cdot 0,75 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,61;$$

$$S_{стелі} = S_{\Pi} = 18 \cdot 8,0 = 144 (\text{м}^2);$$

$$S_{стін} = 3,5 \cdot (2 \cdot 18 + 2 \cdot 8,0) = 182 (\text{м}^2);$$

$$\rho_{ср} = \frac{0,725 \cdot 144 + 0,7 \cdot 182 + 0,25 \cdot 144}{144 + 182 + 144} = 0,57;$$

$$\varepsilon_6 = 0,01 \cdot 5 \cdot 2 = 0,1 (\%).$$

Для визначення коефіцієнту  $r_2$  необхідно також визначити співвідношення

$$H_l / B_1, \quad (4.10)$$

де  $H_l$  – висота приміщення від умовної робочої поверхні до нижньої грані засклення, м;

$B_1$  – ширина прогону, м.

Таким чином, співвідношення, необхідне для визначення коефіцієнту  $r_2$  дорівнює  $H_l / B_1 = 2,7 / 18 = 0,15$ . За отриманим значенням і величиною  $\rho_{cp}$  вибираємо коефіцієнт  $r_2 = 1,14$ . Для штучних світлових отворів у покритті вибираємо  $K_l = 1,1$ .

Визначаємо геометричний КПО в розрахункових точках  $\varepsilon_{\delta 1} = 0,1 \%$ ,  $\varepsilon_{\delta 2} = 0,12 \%$ ,  $\varepsilon_{\delta 3} = 0,125 \%$ ,  $\varepsilon_{\delta 4} = 0,12 \%$ ,  $\varepsilon_{\delta 5} = 0,1 \%$ ,  $N = 5$ .

Після підстановки відомих значень у формули (5.5, 5.3) отримаємо:

$$\varepsilon_{сep} = (0,1 + 0,12 + 0,125 + 0,125 + 0,1) / 5 = 0,114 (\%);$$

$$e_p^6 = [0,1 + 0,114 \cdot (1,14 \cdot 1,1 - 1)] \frac{0,61}{1,4} = 0,296 (\%);$$

Оскільки  $e_p^6 = 0,296 \%$  <  $e_{N.верх} = 4,5 \%$ , то природна освітленість в даному приміщенні є недостатньою.

#### 4.1.3 Виробничі віброакустичні коливання

Зважаючи на те, що при використанні пристроїв крім усього іншого устаткування застосовується обладнання, робота якого супроводжується шумом та вібрацією, потрібно передбачити шумовий та вібраційний захист. Встановлено, що приміщення, в якому відбувається робота з розробки системи управління сонячною панеллю на наноструктурних елементах може

мати робочі місця із шумом та вібрацією, що створюється двигунами вентиляційної системи. Для запобігання травмуванню працюючих під дією шуму та вібрації вони підлягає нормуванню. Головним документом стосовно промислового шуму, що діє в нашій країні, є [37], у відповідності з яким допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку та еквівалентні рівні шуму на робочих місцях в промислових приміщеннях не мають перевищувати значень, що приведені в таблиці Г.4 додатку Г. Норми виробничих вібрацій наведені в таблиці Г.5 додатку Г для 3-ї категорії (технологічна) типу "в".

Для покращення віброакустичного клімату у приміщенні передбачено такі заходи: завчасне проведення профілактичного ремонту; проведення контролю рівнів шуму та вібрації.

#### **4.1.4 Виробничі випромінювання**

Проведений аналіз умов праці показав, що приміщення, де проводиться робота з розробки системи управління сонячною панеллю на наноструктурних елементах може містити електромагнітні випромінювання.

Гранично допустимі рівні електромагнітних полів наведені у таблиці Г.6 додатку Г.

З метою забезпечення захисту та досягнення нормативних рівнів випромінювань потрібно застосовувати екранні фільтри та інші засоби захисту, що пройшли випробування в акредитованих лабораторіях і мають щорічний гігієнічний сертифікат.

### **4.2 Технічні рішення щодо промислової та пожежної безпеки під час проведення розробки**

#### **4.2.1 Безпека щодо організації робочих місць**

Конструкція робочого місця, взаємне розташування його елементів і його розміри мають відповідати антропометричним, фізіологічним та психофізіологічним властивостям людини, а також характеру праці [38].

Площа одного робочого місця повинна складати не менше  $6,0 \text{ м}^2$ , об'єм приміщення – не менше ніж  $20 \text{ м}^3$ , висота – не менше  $3,2 \text{ м}$  [38].

Кольорове оздоблення інтер'єру приміщення повинно відповідати вказівкам з проектування кольорової обробки інтер'єрів приміщень будівель промислових підприємств. Поверхня підлоги має бути рівною, не слизькою, без вибоїн, мати антистатичні властивості, зручною для вологого прибирання. Не дозволяється застосовувати під час оснащення інтер'єру полімери, які забруднюють повітря шкідливими хімічними речовинами та сполуками.

#### **4.2.2 Електробезпека**

Причинами ураження електричним струмом у цьому приміщенні можуть бути: робота під напругою під час проведення ремонтних робіт, несправність устаткування, випадкове торкання до металевих частин, що опинилися під напругою чи струмоведучих частин. У відповідності до [9] це приміщення належить до приміщень з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом в наслідок наявності високої (понад 75 %) відносної вологості. Через це безпека використання електрообладнання має забезпечуватись рядом заходів, що включають застосування ізоляції струмоведучих частин, захисних блокувань, захисного заземлення та ін [39].

#### **4.2.3 Пожежна безпека**

Згідно [40] приміщення, в якому проводиться робота з розробки системи управління сонячною панеллю на наноструктурних елементах, відноситься до категорії пожежної небезпеки Б. Це приміщення відноситься до 3-го ступеня вогнестійкості, в якому приміщення знаходяться в будівлі з

несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону.

Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій приміщення, що розглядається наведені в таблиці Г.7. В таблиці Г.8 наведено протипожежні норми проектування будівель і споруд.

Вибираємо, що приміщення, в якому проводиться робота з розробки, має бути оснащено двома вогнегасниками, пожежним щитом, а також ємністю з піском [41, 42].

### **4.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи системи управління сонячною панеллю в умовах дії загрозливих чинників надвичайних ситуацій**

Розглянемо дослідження стійкості роботи системи управління сонячною панеллю в умовах дії іонізуючих випромінювань і електромагнітного імпульсу.

Серед потенційно небезпечних виробництв особливе місце посідають радіаційно-небезпечні об'єкти. Вони являють небезпеку для людей навколишнього природного середовища, ЕОМ, комп'ютерних систем. Радіоактивне випромінювання діючи на матеріали і деталі апаратури комп'ютерних систем приводить до суттєвих змін в роботі. Дія іонізуючих випромінювань залежить від виду випромінювання, дози радіації, природи опромінюваної речовини та умов навколишнього середовища.

Матеріали, які використовуються в електронних елементах (метали, неорганічні матеріали, напівпровідники, діелектрики, смоли та різні органічні сполуки), з яких виготовляється деталі автоматики по різному реагують на іонізуючі випромінювання. Найбільш чутливі до радіації метали, оскільки їм властива висока концентрація вільних носіїв.

Конструювання системи управління сонячною панеллю стійкого до іонізуючого опромінення, передбачає вибір матеріалів та елементної бази, а



також конструктивних рішень, які зменшують вплив радіації. В елементах системи управління сонячною панеллю радіація викликає оборотні і необоротні процеси, внаслідок яких можуть бути порушення роботи елементів схеми, що призводить до пошкодження апаратури.

Електромагнітні імпульси діють на електронні прилади викликаючи в них оборотні і необоротні зміни. Електромагнітний імпульс являє собою велику небезпеку для електронної апаратури. Слід пам'ятати про те, що захист апаратури від механічних пошкоджень не захищає від дії електромагнітного імпульсу. Апаратура може вийти з ладу, знаходячись в надійно захищених спорудах.

Апаратура, виконана на напівпровідникових і інтегральних схемах, що працюють на малих струмах і напругах особливо схильна до ЕМІ. Це відбувається тому, що така апаратура схильна до впливу зовнішніх електричних і магнітних полів. ЕМІ пробиває ізоляцію, випалює елементи електросхем радіоапаратури, викликає коротке замикання в радіо пристроях, іонізацію діелектриків. ЕМІ може впливати на пам'ять ЕОМ, повністю або частково стираючи її.

При дії електромагнітного імпульсу на апаратуру найбільша напруга наводиться на вхідних ланцюгах. ЕМІ ушкоджує транзистори, викликає іскріння в їх між контактних з'єднаннях і деяких областях провідної поверхні. У транзисторів спостерігається така залежність, чим вище коефіцієнт посилення транзистора, тим менше його електрична міцність. Для резисторів типу МЛТ і прецизійних гранична напруга біля 1 кВ. Великі струми, обумовлені прикладеним імпульсом напруги, проходячи через конденсатор, в місцях підвищеного опору можуть викликати нагрів шару металізації і його вигорання, порушити контакти між обкладками і основами.

#### **4.3.1 Дослідження стійкості роботи системи управління сонячною панеллю в умовах іонізуючих випромінювань**

Критерієм стійкості роботи системи управління сонячною панеллю в умовах дії іонізуючих випромінювань приймається максимальне значення експозиційної дози ( $D_{e,gr}$ ), при якій можуть виникнути зворотні зміни параметрів елементів, але робота систем ще не порушується.

Вихідними даними для оцінки є максимальне значення потужності дози через одну годину після аварії  $p_{1max}$  Р/год; коефіцієнт послаблення радіації виробничими приміщеннями, транспортними засобами,  $K_{посл}$ .

Приймаємо  $p_{1max} = 3,64$  Р/год,  $K_{посл} = 1$ ;  $t_{pmax} = 40000$  год.

Дослідження проводиться в наступній послідовності.

1. Аналізуються синтезатор частот і визначаються елементи від яких залежить його робота. В нашому випадку це мікросхеми, транзистори, конденсатори, резистори. Для кожного елемента визначається максимальна допустима експозиційна доза ( $D_{gr,i}$ ). Дані заносимо в таблицю 5.1. Аналізуємо дані і за мінімальним значенням  $D_{gr,i}$  визначається границя стійкості роботи системи управління сонячною панеллю.

Таблиця 4.1 – Граничні дози опромінення елементів системи управління сонячною панеллю

№	Блоки	Елементи РЕА	$D_{зві}, P$	$D_{звк}, P$	$D_{gr}, P$
1	Живлення	Мікросхеми ТТЛ	$10^5$	$10^4$	$10^4$
		Діоди кремнієві	$10^4$		
2	Управління	Конденсатори	$10^6$	$10^7$	
		Резистори	$10^7$		

2. Визначається можлива експозиційна доза опромінення системи управління сонячною панеллю в заданих умовах протягом експлуатаційного терміну:

$$D_M = \frac{2 \cdot P_{1max} \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{посл}} = \frac{2 \cdot 3,64 \cdot (\sqrt{40000} - \sqrt{1})}{5} = 1273,6 P.$$

3. Граничне значення експозиційної дози ( $D_{гр.мин}$ ) порівнюється з  $D_m$ , що очікується на станції, і робиться висновок про стійкість роботи системи управління сонячною панеллю. Оскільки  $D_{гр.мин} > D_m$  то система управління сонячною панеллю захисту та автоматики умовно стійка до радіації.

4. Розраховується допустимий час безпечної роботи системи управління сонячною панеллю у заданих умовах:

$$t_k = t_o = \left( \frac{D_{гр.мин} \cdot K_{носл} + 2 \cdot p_{1.мак} \cdot \sqrt{t_{п}}}{2 p_{1.мак}} \right)^2 = \left( \frac{10^4 \cdot 5 + 2 \cdot 3,64 \sqrt{1}}{2 \cdot 3,64} \right)^2 = 2444532,25 \text{ год.}$$

#### 4.3.2 Дослідження стійкості роботи системи управління сонячною панеллю в умовах дії електромагнітного імпульсу

Початкові дані:  $E_B = 11,26$  кВ/м.,  $U_{ж} = 220, 12$  В.

Дослідження стійкості роботи системи управління сонячною панеллю ведеться в послідовності:

1. Визначається горизонтальна складова напруженості електричного поля

$$E_{Г} = 10^{-3} \cdot E_B = 10^{-3} \cdot 11,26 \cdot 10^3 = 11,26 \text{ (В/м);}$$

2. Синтезатор частот розподіляється на окремі функціональні дільниці: система живлення, мікропроцесорний блок. На кожній дільниці визначається максимальна довжина вертикальної і горизонтальної струмопровідної частини  $l_B$  і  $l_{Г}$

На дільниці системи живлення максимальна довжина вертикальної і горизонтальної струмопровідної частини  $l_{B,ж} = 0,13$  м,  $l_{Г,ж} = 0,11$  м. На дільниці мікропроцесорного блоку  $l_{B,м} = 0,017$  м,  $l_{Г,м} = 0,021$  м.

3. Для кожної дільниці визначаються наведені напруги у струмопровідних частинах.

На дільниці системи живлення:

$$U_{B,ж} = E_{Г} \cdot l_{B,ж} = 11,26 \cdot 0,13 = 1,08 \text{ (В).}$$

$$U_{Г.Ж} = E_B \cdot I_{Г.Ж} = 11,26 \cdot 10^3 \cdot 0,11 = 1760 \text{ (В)}.$$

На дільниці мікропроцесорного блоку:

$$U_{В.М} = E_{Г} \cdot I_{В.М} = 11,26 \cdot 0,017 = 0,272 \text{ (В)}.$$

$$U_{Г.М} = E_B \cdot I_{Г.М} = 11,26 \cdot 10^3 \cdot 0,021 = 336 \text{ (В)}.$$

4. Визначається допустиме коливання напруги живлення

$$U_D = U_{Ж} + \frac{U_{Ж} \cdot N}{100} [В],$$

На дільниці системи живлення:

$$U_{ДЖ} = U_{Ж} + \frac{U_{Ж} \cdot N}{100} = 220 + \frac{220}{100} \cdot 5 = 231 \text{ (В)}.$$

На дільниці мікропроцесорного блоку:

$$U_{ДМ} = U_M + \frac{U_M \cdot N}{100} = 12 + \frac{12}{100} \cdot 5 = 12,6 \text{ (В)}.$$

5. Визначаються коефіцієнти безпеки

$$K_{БВ} = 20 \cdot \lg \frac{U_D}{U_B},$$

$$K_{БГ} = 20 \cdot \lg \frac{U_D}{U_G}.$$

Для дільниці живлення

$$K_{БВЖ} = 20 \cdot \lg \frac{U_{ДЖ}}{U_{ВЖ}} = 20 \cdot \lg \frac{231}{1,08} = 46,63 \geq 40 \text{ (дБ)};$$

$$K_{БГЖ} = 20 \cdot \lg \frac{U_{ДЖ}}{U_{ГЖ}} = 20 \cdot \lg \frac{231}{1760} = -17,63 \leq 40 \text{ (дБ)};$$

Для дільниці мікропроцесорного блоку

$$K_{БВМ} = 20 \cdot \lg \frac{U_{ДМ}}{U_{ВМ}} = 20 \cdot \lg \frac{12,6}{0,272} = 33,31 \leq 40 \text{ (дБ)};$$

$$K_{БГМ} = 20 \cdot \lg \frac{U_{ДМ}}{U_{ГМ}} = 20 \cdot \lg \frac{12,6}{336} = -28,6 \leq 40 \text{ (дБ)};$$

6. Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.2

Таблиця 4.2 – Результати розрахунків системи управління сонячною панеллю

Дільниця	$U_D$ , В	$E_B$ , В/м	$E_G$ , В/м	$U_B$ , В	$U_G$ , В	$K_{БВ}$	$K_{БГ}$
----------	-----------	-------------	-------------	-----------	-----------	----------	----------

Живлення	231	16000	16	1,08	1760	46,63	-17,63
Мікропроцесорного блоку	12,6	16000	16	0,272	336	33,31	-28,6

7. Дані таблиці аналізуємо і робимо висновок

Коефіцієнти безпеки менше 40 дБ, тому необхідно застосовувати додаткове екранування.

### 4.3.3 Розробка заходів по захисту системи управління сонячною панеллю від дії електромагнітного імпульсу

Визначається перехідне гасіння енергії електричного поля екраном (А, дБ). Для сталевого екрану визначається за допомогою формули

$$A = 5,2 \cdot t \cdot \sqrt{f}, [\text{дБ}],$$

де  $t$  – товщина стінки екрану, см;

$f$  – частота  $f=15000$  Гц

Для ділянки живлення  $A_{ГЖ}=40-(-17,63)=47,63$  (дБ),

$$t = \frac{A_{ГЖ}}{5,2\sqrt{f}} = \frac{47,63}{5,2\sqrt{15000}} = 0,074 \text{ (см)}$$

Для ділянки мікропроцесорного блоку

$$A_{ВМ}=40-33,31=6,69 \text{ (дБ)},$$

$$t_1 = \frac{A_{ГЖ}}{5,2\sqrt{f}} = \frac{6,69}{5,2\sqrt{15000}} = 0,01 \text{ (см)}$$

$$A_{ГМ}=40-(-28,6)=68,6 \text{ (дБ)},$$

$$t_2 = \frac{A_{ГЖ}}{5,2\sqrt{f}} = \frac{68,6}{5,2\sqrt{15000}} = 0,11 \text{ (см)}$$

## 4.4 Висновки до розділу

В результаті виконання даного розділу було розглянуто такі питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, як технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, визначення перевірочне КПО для

верхнього природного освітлення, технічні рішення з промислової та пожежної безпеки під час проведення розробки системи управління сонячною панеллю на наноструктурних елементах, безпека у надзвичайних ситуаціях.

В даному підрозділі було проведено дослідження системи управління сонячною панеллю в умовах дії іонізуючих випромінювань і електромагнітного імпульсу. В умовах дії іонізуючих випромінювань час роботи системи перевищив заданий гарантований час експлуатації.

В умовах дії електромагнітного імпульсу коефіцієнт безпеки системи управління сонячною панеллю для вертикальних струмопровідних частин ділянки живлення системи був більший за 40 дБ, в цьому випадку система стійка. Для горизонтальних струмопровідних частин ділянки живлення і для мікропроцесорного блоку коефіцієнт безпеки був менший за 40 дБ. Після застосування металевих екранів коефіцієнт безпеки став не менше 40 дБ і системи управління сонячною панеллю став стійким до ЕМІ і може працювати без збоїв.

## 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Розрахунок витрат на проведення НДР з дослідження та розробки системи управління сонячною панеллю на наноструктурних елементах

В техніко-економічному обґрунтуванні представленому в першому розділі даної магістерської кваліфікаційної роботи було приблизно обґрунтовано доцільність проведення НДР. Тому в даному розділі будуть проведені більш детальні розрахунки витрат на проведення НДР з дослідження та розробки системи управління сонячною панеллю на наноструктурних елементах.

Для економічного розрахунку проведення НДР потрібно скласти кошторис витрат, який передбачає розрахунок визначених основних статей витрат.

Основна заробітна плата дослідників та розробників, яка розраховується за формулою [43]:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t, \quad (5.1)$$

де  $M$  – місячний посадовий оклад конкретного розробника (дослідника), грн.;

$T_p$  – число робочих днів в місяці, 21 дн;

$t$  – число днів роботи розробника (дослідника).

Проведені розрахунки зводимо до таблиці.

Таблиця 5.1 – Основна заробітна плата дослідників та розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
1. Керівник проекту	921 5,00	438, 81	2 1	9215, 00
2. Науковий співробітник	915 5,00	435, 95	1 1	4795, 48
3. Інженер-конструктор електронних засобів зв'язку	842 5,00	401, 19	1 7	6820, 24
4. Технік	543 5,00	258, 81	1 5	3882, 14
Разом				24712 ,86

Витрати на основну заробітну плату робітників ( $Z_p$ ), що здійснюють підготовку робочих місць та пристроїв необхідних для досліджень, підготовку та формування моделей тощо, розраховуються на основі норм часу, які необхідні для виконання даної роботи, за формулою [43]:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (5.2)$$

де  $t_i$  - норма часу (трудомісткість) на виконання конкретної роботи, годин;



$n$  - число робіт по видах та розрядах;

$C_i$  - погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує відповідну роботу, грн./год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду  $C_i$  можна визначити за формулою:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{зм}}, \quad (5.3)$$

де,  $M_M$  - мінімальна місячна оплата праці, грн.,  $M_M = 4173,00$  грн.;

$K_c$  - коефіцієнт співвідношень, який установлений в даний час Генеральною тарифною угодою між Урядом України і профспілками,  $K_c = 1$ ;

$K_i$  - тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду;

$T_p$  - число робочих днів в місяці,  $T_p = 21$  дн.;

$t_{зм}$  - тривалість зміни,  $t_{зм} = 8$  годин.

Проведені розрахунки внесемо до таблиці.

Таблиця 5.2 – Витрати на основну заробітну плату працівників

Найменування робіт	Тр удоміст- кість, нормо- годин	Р озряд роботи	Та рифний коефіціє нт	Пог одинна тарифна ставка, грн.	Вели чина оплати, грн.
1. Встановлення допоміжного обладнання	4, 0	2	1,1	27,3 2	109, 29
2. Встановлення програмного забезпечення	2, 2	4	1,3 5	33,5 3	73,7 7

Продовження таблиці 5.2

3. Налагодження компонентів	2, 8	5	1,7	42,2	118,2
4. Налаштування системи	1, 1	4	1,7	42,2	46,4
5. Підбір характеристик компонентів системи	4, 3	6	2	49,6	213, 62
6. Регулювання системи	1, 1	5	2,2	54,6	60,11
Разом					621, 48

Додаткова заробітна плата розробників, дослідників та працівників, які приймали участь в дослідженнях та розробці НДР розраховується як 12 % від основної заробітної плати розробників та працівників:

$$Z_{\text{дод}} = H_{\text{дод}} Z_p, \quad (5.4)$$

де  $H_{\text{дод}}$  – норма нарахування додаткової заробітної плати.

$$Z_{\text{д}} = (24712,86 + 621,48) \cdot 12 / 100 \% = 3040,12 \text{ (грн.)}$$

## 5.2 Нарухування на заробітну плату дослідників та працівників

Нарухування на заробітну плату розробників  $Z_n$  розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$Z_n = (Z_p + Z_{\text{дод}}) \cdot H_{zn}, \quad (5.5)$$

де  $H_{zn}$  – норма нарахування на заробітну плату.

$$H_3 = (24712,86 + 621,48 + 3040,12) * 22 / 100\% = 6242,38 \text{ (грн.)}$$

Витрати на матеріали на даному етапі проведення НДР пов'язані з використанням моделей елементів та моделювання роботи і досліджень за допомогою комп'ютерної техніки та створення експериментальної моделі пристрою, тому дані витрати формуються на основі офісних матеріалів.

Витрати на матеріали, що були використані при проведенні досліджень, розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою [43]:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i, \quad (5.6)$$

де, -  $H_i$  - витрати матеріалу  $i$ -го найменування, кг;

$C_i$  - вартість матеріалу  $i$ -го найменування, грн./кг.;

$K_i$  - коефіцієнт транспортних витрат,  $K_i = 1,1$ ;

$n$  - кількість видів матеріалів,

Проведені розрахунки зводимо до таблиці.

Таблиця 5.3 – Витрати на основні матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Од иниця виміру	Ціна за одиницю, грн.	Витр ачено	Вартіст ь витраченого матеріалу, грн.
Папір канцелярський офісний (А4)	уп.	88,20	4	352,80

Продовження таблиці 5.3

Папір для заміток (A5)	уп.	32,00	4	128,00
Папір креслярський (A1)	шт.	20,00	10	200,00
Папір креслярський (A3)	шт.	10,00	20	200,00
Начиння канцелярське	шт.	150,0 0	4	600,00
Органайзер офісний	шт.	175,0 0	4	700,00
Картридж для графічного принтера (HP- 2106)	шт.	420,0 0	2	840,00
Картридж для принтера (HP-2002)	шт.	796,0 0	2	1592,00
Диск оптичний (CD-R)	шт.	15,00	4	60,00
Диск оптичний (CD-RW)	шт.	18,00	4	72,00
FLASH-пам'ять	шт.	315,0 0	2	630,00
Всього				5374,80

З врахуванням транспортних витрат вартість матеріалів складе

$$M = 5374,80 * 1,1 = 5912,28 \text{ грн.}$$

### 5.3 Амортизація обладнання для проведення досліджень

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню можуть бути розраховані з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою:

$$A_{обл} = \frac{Ц_б}{T_в} \cdot \frac{t_{вик}}{12}, \quad (5.7)$$

де  $Ц_б$  – балансова вартість обладнання, приміщень тощо, які використовувались для розробки нового технічного рішення, грн.;

$t_{вик}$  – термін використання обладнання, приміщень під час розробки, місяців;

$T_в$  – строк корисного використання обладнання, приміщень тощо, років.

Проведені розрахунки необхідно звести до таблиці.

Таблиця 5.4 - Величина амортизаційних відрахувань

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн
Комп'ютерний проектний комплекс	18450,00	5	1	307,50

Продовження таблиці 5.4

Графічно- обчислювальний комплекс обробки даних	20000,00	5	1	333,33
Програмний продукт проектування системи	8000, 00	3	1	222,22
Генератор сигналу	6500, 00	3	1	180,56
Осцилограф	9000, 00	5	1	150,00
Офісна оргтехніка	7000, 00	4	1	145,83
Дослідницька лабораторія	3000 00,00	25	1	1000,0 0
Всього				2339,4 4

Витрати на силову електроенергію на проведення досліджень розраховують за формулою [43]:

$$B_e = B \cdot P \cdot \Phi \cdot K_n, \quad (5.8)$$

де,  $B$  – вартість 1 кВт-години електроенергії,  $B = 2,50$  грн./кВт –година;

$P$  – встановлена потужність обладнання, кВт.;

$\Phi$  – фактична кількість годин роботи обладнання, годин. ;

$K_n$  – коефіцієнт використання потужності.

Таблиця 5.5 – Витрати на електроенергію при проведенні досліджень

Найменування обладнання	Кількість годин роботи обладнання, год.	Встановлена потужність, кВт	Коефіцієнт використання потужності	Величина оплати
Комп'ютерний проектний комплекс	155	0,65	1	251,88
Графічно-обчислювальний комплекс обробки даних	68	0,76	1	129,20
Офісна оргтехніка	10	0,96	1	24,00
Генератор сигналів	20	0,32	1	16,00
Осцилограф	10	0,08	1	2,00
Всього				423,08

Інші витрати охоплюють: загальновиробничі витрати, адміністративні витрати, витрати на відрядження, матеріали, окремі непередбачені витрати, зв'язок, витрати на інтернет-послуги тощо.

Інші витрати доцільно приймати як 200...300% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників.

Величина інших витрат складе:

$$I = (24712,86 + 621,48) * 210 / 100 = 53202,11 \text{ (грн.)}$$

Сума всіх попередніх статей витрат дає загальні витрати на проведення науково-дослідної роботи:

$$B = 24712,86 + 621,48 + 3040,12 + 6242,38 + 5912,28 + 2339,44 + 423,08 + 53202,11 = 96493,74 \text{ (грн.)}$$

Загальна (повна) вартість всієї НДДКР визначається за формулою:

$$B_{\text{заг}} = \frac{B}{\alpha}, \quad (5.9)$$

де  $\alpha$  - частка витрат, які безпосередньо здійснює виконавець даної НДДКР, у відносних одиницях.

$$B_{\text{заг}} = \frac{B}{\alpha} = \frac{96493,74}{1,0} = 96493,74 \text{ , грн.}$$

Прогнозування загальних витрат ЗВ на виконання та впровадження результатів виконаної НДДКР здійснюється за формулою:

$$ЗВ = \frac{B_{\text{заг}}}{\beta}, \quad (5.10)$$

де  $\beta$  - коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання даної НДДКР (від 0,1... до 0,9).

$$ЗВ = \frac{B_{\text{заг}}}{\beta} = \frac{96493,74}{0,9} = 107215,00 \text{ , грн.}$$

#### **5.4 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки**

В умовах ринку узагальнюючим позитивним результатом, що його отримує підприємство (організація) від впровадження результатів тієї чи іншої розробки, є збільшення чистого прибутку підприємства (організації).



Зростання чистого прибутку ми можемо оцінити у теперішній вартості грошей.

Саме зростання чистого прибутку забезпечить підприємству (організації) надходження додаткових коштів, які дозволять покращити фінансові результати діяльності та виплатити кредити (якщо вони потрібні для впровадження результатів розробки).

При проведенні даної розробки не можливо прямо оцінити зростання чистого прибутку підприємства від впровадження результатів наукової розробки. У цьому випадку збільшення чистого прибутку підприємства для кожного із років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки, розраховується за формулою:

$$\Delta\Pi_i = \sum (\Delta C_0 \cdot N + C_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\nu}{100}\right) \quad (5.11)$$

де  $\Delta C_0$  - покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником може бути ціна одиниці нової розробки;

$N$  - основний кількісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

$\Delta N$  - покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки;

$C_0$  - основний оціночний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки;

$p$  - кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки;

$\lambda$  - коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. У 2019 р. ставка податку на додану вартість дорівнює 20%, а коефіцієнт  $\lambda = 0,8333$ .

$\rho$  - коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту. Рекомендується приймати  $\rho = 0,2 \dots 0,3$ ;

$v$  - ставка податку на прибуток. У 2019 році  $v = 18\%$ .

В результаті впровадження результатів наукової розробки покращується якість нашої розробки в 1,48 разів, що дозволяє підвищити ціну її реалізації на 75,0 грн. Кількість одиниць реалізованої продукції також збільшиться: протягом першого року - на 560 шт., протягом другого року - ще на 780 шт., протягом третього року - ще на 820 шт., а протягом четвертого року – на 610 шт. Орієнтовно: реалізація аналогічного пристрою до впровадження результатів наукової розробки складала 3000 шт., а її ціна – 1000,00 грн.

Спрогнозуємо збільшення чистого прибутку підприємства від впровадження результатів наукової розробки у кожному році відносно базового.

Збільшення чистого прибутку підприємства протягом першого року складе:

$$\Delta\Pi_1 = [75,00 \cdot 3000 + (1000,00 + 75,00) \cdot 560] \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 136105,00 \text{ грн.}$$

Збільшення чистого прибутку підприємства протягом другого року (відносно базового року, тобто року до впровадження результатів наукової розробки) складе:

$$\Delta\Pi_2 = [75,00 \cdot 3000 + (1000,00 + 75,00) \cdot (560 + 780)] \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 274103,00 \text{ грн.}$$

Збільшення чистого прибутку підприємства протягом третього року (відносно базового року, тобто року до впровадження результатів наукової розробки) складе:

$$\begin{aligned} \Delta\Pi_3 &= [75,00 \cdot 3000 + (1000,00 + 75,00) \cdot (560 + 780 + 820)] \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = \\ &= 419177,00 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Збільшення чистого прибутку підприємства протягом четвертого року (відносно базового року, тобто року до впровадження результатів наукової розробки) складе:

$$\begin{aligned} \Delta\Pi_4 &= [75,00 \cdot 3000 + (1000,00 + 75,00) \cdot (560 + 780 + 820 + 610)] \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = \\ &= 527098,00 \text{ грн.} \end{aligned}$$

### **5.5 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності**

Основними показниками, які визначають доцільність фінансування наукової розробки певним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність вкладених інвестицій та термін їх окупності.

Розрахунок ефективності вкладених інвестицій передбачає проведення таких робіт:

1. Розраховують теперішню вартість інвестицій, що вкладаються в наукову розробку. Такою вартістю ми можемо вважати прогнозовану величину загальних витрат  $ZB=107215,00$  грн. на виконання та впровадження результатів НДДКР.
2. Розраховують очікуване збільшення прибутку, що його отримає підприємство (організація) від впровадження результатів наукової розробки, для кожного із років, починаючи з першого року впровадження.

3. Для спрощення подальших розрахунків будують вісь часу, на яку наносять всі платежі (інвестиції та прибутки), що мають місце під час виконання науково-дослідної роботи та впровадження її результатів.

Платежі показуються у ті терміни, коли вони здійснюються.

Проведемо відповідні розрахунки.

У першому році підприємство отримає збільшення чистого прибутку на 136105,00 грн відносно базового року.

У другому році - збільшення чистого прибутку на 274103,00 грн (відносно базового року).

У третьому році - збільшення чистого прибутку на 419177,00 грн (відносно базового року),

У четвертому - на 527098,00 грн (відносно базового року).

Тоді рисунок, що характеризує рух платежів (інвестицій та додаткових прибутків) буде мати вигляд, наведений на рис. 5.1

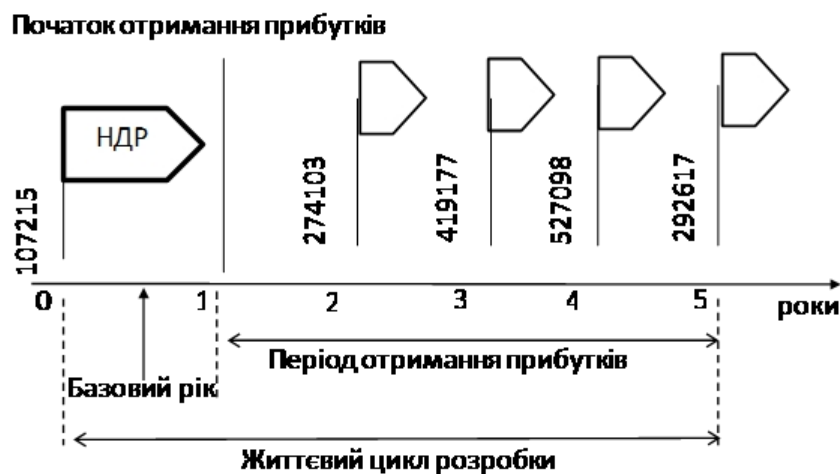


Рисунок 5.1 - Вісь часу з фіксацією платежів, що мають місце під час розробки та впровадження результатів НДДКР

4. Розраховують абсолютну ефективність вкладених інвестицій  $E_{абс}$ . Для цього використаємо формулу [43]:

$$E_{abc} = (ПП - PV), \quad (5.12)$$

де  $ПП$  - приведена вартість всіх чистих прибутків, що їх отримає підприємство (організація) від реалізації результатів наукової розробки, грн;

$PV$  - теперішня вартість інвестицій  $PV = 3B$ , грн.

У свою чергу, приведена вартість всіх чистих прибутків  $ПП$  розраховується за формулою:

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^t}, \quad (5.13)$$

де  $\Delta\Pi$  - збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої НДДКР, грн;

$T$  - період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої НДДКР, роки;

$\tau$  - ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні; для України цей показник знаходиться на рівні 0,2;

$t$  - період часу (в роках) від моменту отримання чистого прибутку до точки „0”.

$$\begin{aligned} ПП &= \frac{136105,00}{(1+0,2)^2} + \frac{274103,00}{(1+0,2)^3} + \frac{419177,00}{(1+0,2)^4} + \frac{527098,00}{(1+0,2)^5} = \\ &= 94517,00 + 158624,00 + 202149,00 + 211828,00 = 667119,00 \end{aligned}$$

Розрахуємо абсолютну ефективність інвестицій, вкладених у реалізацію проекту. Отримаємо:

$$E_{abc} = (667119,00 - 107215,00) = 559905,00 \text{ грн.}$$

Оскільки  $E_{abc} > 0$ , то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів НДДКР може бути доцільним.

Результат від проведення наукових досліджень та їх впровадження принесе прибуток, але це також ще не свідчить про те, що інвестор буде зацікавлений у фінансуванні даного проекту (роботи).

Розрахуємо відносну (щорічну) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій  $E_e$ . Для цього використаємо формулу:

$$E_e = \sqrt[T]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1, \quad (5.14)$$

де  $E_{abc}$  - абсолютна ефективність вкладених інвестицій, грн;

$PV$  - теперішня вартість інвестицій  $PV = 3B$ , грн;

$T$  - життєвий цикл наукової розробки, роки.

$$E_e = \sqrt[5]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1 = \sqrt[5]{1 + \frac{559905,00}{107215,00}} - 1 = 0,44$$

Розраховану величину  $E_e$  порівнюємо з мінімальною ставкою дисконтування, яка визначає ту мінімальну дохідність, нижче за яку інвестиції вкладатися не будуть. У загальному вигляді мінімальна (бар'єрна) ставка дисконтування визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (5.15)$$

де  $d$  - середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2019 році в Україні (0,14...0,2);

$f$  - показник, що характеризує ризикованість вкладень (0,05...0,1).

$$\tau = d + f = 0,2 + 0,05 = 0,25.$$

Розрахуємо термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій. Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій  $T_{ок}$  можна розрахувати за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_г}$$

$$T_{ок} = \frac{1}{E_г} = \frac{1}{0,44} = 2,27 \text{ року.}$$

Якщо  $T_{ок} < 3...5$ -ти років, то фінансування даної наукової розробки в принципі є доцільним.

## 5.6 Висновки до розділу

Зростання чистого прибутку забезпечить підприємству (організації) надходження додаткових коштів, які дозволять покращити фінансові результати діяльності та виплатити кредити. Зростання чистого прибутку для даної розробки складе 667119,00 грн.

Основними показниками, які визначають доцільність фінансування наукової розробки певним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність вкладених інвестицій та термін їх окупності. Абсолютна ефективність вкладених коштів для даної розробки складе 559905,00 грн., а відносна ефективність забезпечить прибутковість в межах 44%, що більше мінімальної яка складає 25%.

Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій  $T_{ок}=2,27$  року, що менше нормативного терміну. Враховуючи наведені показники діяльності можна зробити висновок про доцільність проведення науково-дослідної роботи з дослідження та проектування системи управління сонячною панеллю на наноструктурних елементах.

## ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз основних систем управління сонячними панелями, розглянуто класифікацію моделей на основі цієї технології. Наведено конкретні приклади реалізації сонячних трекерів, проаналізовано їх переваги та недоліки.
2. Розроблено структурну схему сонячного трекера та описано призначення його основних складових компонентів. На базі структурної схеми розроблено електричну схему та описано принцип її роботи. Також розроблено блок-схему алгоритму роботи мікроконтролера. Промодельовано електричну схему в різних режимах роботи, що підтверджує можливість її практичної реалізації. Також був проведений розрахунок потоку сонячного випромінювання для міста Вінниці за рік, який показав, що застосування одноосьових трекерів збільшує ефективність на 45 відсотків у порівнянні зі стаціонарними системами.
3. Виконано розрахунок параметрів друкованої плати та обрано її тип. Був обраний матеріал друкованої плати - двосторонній фольгований склотекстоліт СФ-2-35-1,5, ТУ16-503.271-86 (ГОСТ 10316 - 78), що має товщину 1,5 мм. Використовуючи ARES PCB Layout створено проект та проведено моделювання пристрою. Для встановлення зовнішніх компонентів використовуються отвори діаметрами 0,9; 1; 1,3; 1,5 мм та отвори діаметром 2,3 мм, що мають контактні площадки у формі квадратів 1,6; 1,7; 2; 2,2 та 3 мм. Розмір створеної друкованої плати контролера заряду сонячної панелі становить 118×72 мм; товщина плати – 1,5 мм. На основі проектів ISIS Proteus та ARES PCB Layout створено електричну принципову схему, друковану плату та складальне креслення, які наведені в додатках.
4. В результаті виконання цього розділу було розглянуто такі питання охорони праці і безпеки в надзвичайних ситуаціях, як технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії, визначення безпечної відстані від джерела ЕМВ, технічні рішення з промислової та пожежної безпеки під



час проведення розробки сонячного трекера, безпека у надзвичайних ситуаціях.

5. В п'ятому розділі було розглянуто такі питання з економічної діяльності, як зростання чистого прибутку, абсолютна і відносна ефективність вкладених інвестицій та термін їх окупності.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Костюченко В. В. Сонячний елемент на наноструктурованому чорному кремнії / Ю. С. Кравченко, Є. С. Проворов, В. В. Костюченко // XV Міжнародна науково-практична конференція «Вісті сучасної науки - 2019» Шефідл, Publishing House “Science and Education”, 2019. – 3 с.  
Режим доступу: [http://www.rusnauka.com/Page\\_ru/275444](http://www.rusnauka.com/Page_ru/275444).
2. Китаєв Н. Сонячні панелі з високим ККД. - 2016. [Электронный ресурс] - Режим доступу: <http://savenergy.info/page/solnechnye-paneli-s-vysokimkpd>
3. Da Silva Wilson. Trendy solar cells hit new world . - 2016. [Электронный ресурс] - Режим доступу: <http://newsroom.unsw.edu.au/news/sciencetech/trendy-solar-cells-hit-new-world-efficiency-record>
4. Wesoff E. First Solar Hits Record 22.1CdTeSolar Cell. - 2016. - [Электронный ресурс] - Режим доступу: <https://www.greentechmedia.com/articles/read/First-Solar-HitsRecord22.1-Conversion-Efficiency-For-CdTe-Solar-Cell>
5. Wittmer B., Mermoud A. A tool to optimize the layout of ground-based PV installations taking into account the economic boundary conditions // 29th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition. — 2014. — P. 6.
6. Андреев С. В. Сонячні електростанції. М.: // науки 2002. – С. 28.
7. Поновлювані джерела енергії. [Електронний ресурс] - Режим доступу - URL.: <http://www.minenergo.gov.ru>
8. Наумов А.В., Плеханов С.І. Розвиток сонячної енергетики на основі тонкоплівкових CIGS-елементів // Енергія: економіка, техніка, екологія. - М., 2013. -№ 7. - С. 14.
9. Кузнецов Ф.А., Резниченко М.Ф. Кремний для солнечной энергетики// Материалы электронной техники. – 2008. – №4. – С.4

10. Солнечная энергетика / В.И. Виссарионов, Г.В. Дерюгина, В.А. Кузнецова, Н.К. Малинин; под ред. В.И. Виссарионова. М. : Издательский дом МЭИ, 2008. – 276 с.
11. Шиняков Ю.А., Шурыгин Ю.А., Аркатова О.Е. Повышение энергетической эффективности автономных фотоэлектрических энергетических установок // Электроника, Измерительная Техника, 61 Радиотехника и Связь. Доклады ТУСУРа, № 2 (22), часть 2, декабрь 2010 – С. 102.
12. California Institute of Technology. Basic research needs for solar energy utilization. Report of the basic energy sciences workshop on solar energy utilization; April 18–21, 2005.
13. Markvart T. Solar electricity, 2nd ed., New York: John Wiley and Sons Inc.; 1996.
14. Tracstar. Should you install a solar tracker?; 2007. <http://www.helmholz.us/smallpowersystems/>.
15. Bione J, Vilela OC, Fraidenraich N. Comparison of the performance of PV water pumping systems driven by fixed, tracking and V-trough generators. Solar Energy 2004;76:703–11.
16. Бойко І. В. Мікропроцесори та мікроконтролери/ В. І. Бойко та ін. – К.: Вицашк., 2004. – 399 с.
17. Grass C, Schoelkopf W, Staudacher L, Hacker Z. Comparison of the optics of non-tracking and novel types of tracking solar thermal collectors for process heat applications up to 300 8C. Solar Energy 2004;76:207–15. 84
18. Helwa NH, Bahgat ABG, Shafee AMRE, Shenawy ETE. Computation of the solar energy captured by different solar tracking systems. Energy Sources 2000;22: 35–44.
19. Lorenzo E, Perez M, Ezepeleta A, Acedo J. Design of tracking photovoltaic systems with a single vertical axis. Progress in PV Research and Applications 2002;10:533–43.

20. Zahedi, "Energy, People, Environment, Development of an integrated renewable energy and energy storage system, an uninterruptible power supply for people and for better environment," The International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 1994. 'Humans, Information and Technology', Vol. 3 pp. 2692-2695, 1994.
21. R. Singh, and Y.R. Sood, "Transmission tariff for restructured Indian power sector with special consideration to promotion of renewable energy sources", The IEEE Conference TENCON-2009, pp. 1-7, 2009.
22. J. Arai, K. Iba, T. Funabashi; Y. Nakanishi, K. Koyanagi, and R. Yokoyama, "Power electronics and its applications to renewable energy in Japan, " The IEEE Circuits and Systems Magazine, Vol. 8, No. 3, pp. 52-66, 2008.
23. Методичні вказівки до виконання студентами-магістрантами наукового напрямку економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. В.О. Козловський – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 22 с.
24. S. Takemaro and Shibata Yukio, "Theoretical Concentration of Solar Radiation by Central Receiver Systems," The International Journal of Solar Energy, 261-270, 1983.
25. Mumba J. Development of a photovoltaic powered forced circulation grain dryer for use in the tropics. Renewable Energy 1995;6(7):855–62. 20. Sangani CS, Solanki CS. Experimental evaluation of V-trough (2 suns) PV concentrator system using commercial PV modules. Solar Energy Materials & Solar Cells 2007;91:453–9.
26. Pavel YV, Gonzalez HJ, Vorobiev YV. Optimization of the solar energy collection in tracking and non-tracking PV solar system. In: Proceedings of the 1st international conference on electrical and electronics engineering, ICEEE; 2004. p. 310–4.
27. Улли Соммер, Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freedom, БХВ-Петербург, 2012. –с. 238.

28. Стивен Прата, Язык программирования C++. Лекции и упражнения, 6-е издание // Вильямс, 2012. –с. 1244.
29. Proteus. Редактор ISIS [Электронный ресурс] // radio-hobby. – Режим доступ: <http://radio-hobby.org/modules/instruction/instr.php?id=15>
30. Медведев А. В. Печатные платы. Конструкции и материалы: монография / А. В. Медведев. – М.: Техносфера, 2005. – 304 с.
31. Основы проектирования электронных средств. Часть 1: Учебное пособие /Муромцев Д.Ю., Тюрин И.В./ - 2011г. – 368 с.
32. Александров, А.А Электротехнические чертежи и схемы / Александров К.К., Кузьмина Е.Г.- М.:Энергоатомиздат, 1990. - 288с.
33. ГОСТ 12.0.003-74.ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
34. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
35. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.
36. Пособие по расчету и проектированию, естественного, искусственного и совмещенного освещения НИИСФ – М.: Стройиздат. 1985. – 384 с.
37. ДСН 3.3.6-037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
38. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої та загальної вібрацій.
39. ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
40. Березюк О. В. Охорона праці. Підсумкова державна атестація спеціалістів, магістрів в галузях електроніки, радіотехніки, радіоелектронних апаратів та зв'язку : навчальний посібник / О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 104 с.

41. ДНАОП 0.00-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. – К. : Держнаглядохоронпраці, 1998. – 382 с.
42. ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.
43. Козловський В.О. Техніко-економічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах. Навчальний посібник. – Вінниця : ВДТУ, 2003. – 75с.

Додаток А

Технічне завдання







Додаток Б

Схема електрична принципова сонячного трекера

Додаток В

Блок-схема алгоритму роботи мікроконтролера

Додаток Г

Допустимі значення виробничих факторів





Додаток Д

Креслення друкованої плати сонячного трекера

Додаток Е

Складальне креслення сонячного трекера





Додаток А  
(обов'язковий)

Вінницький національний технічний університет  
Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем  
Кафедра електроніки та наносистем

ЗАТВЕРДЖУЮ  
завідувач кафедри ЕНС  
д.т.н., проф. Білинський Й.Й

---

«17» вересня 2019 р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**  
**до магістерської кваліфікаційної роботи**

**Сонячна панель на базі наноструктурних елементів. Частина 2. Розробка системи управління сонячною панеллю на наноструктурних елементах**  
зі спеціальності 171 - «Електронні пристрої та системи»

Керівник,  
к.ф.-м.н., професор  
\_\_\_\_\_ Кравченко Ю. С.

Дипломник,  
студент гр. ЕЛ-18м  
\_\_\_\_\_ Костюченко В. В.

Вінниця, 2019 р.

## ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

### 1. Найменування і область застосування

Найменування - Сонячна панель на базі наноструктурних елементів.  
Частина 2. Розробка системи управління сонячною панеллю на наноструктурних елементах.

Область застосування – підвищення ефективності процесу перетворення сонячної енергії в електричну.

### 2. Основа для (дослідження) розробки

Основою для виконання цієї магістерської кваліфікаційної роботи є завдання на МКР та наказ ректора ВНТУ № 254 від «03» вересня 2019 р.

### 3. Мета та призначення дослідження (розробки)

Мета розробки – підвищення ефективності використання сонячних панелей.

Призначення розробки – розробка простого сонячного трекера для сонячних панелей на базі наноструктурних елементів.

### 4. Джерела розробки

У процесі розробки системи управління сонячною панеллю рекомендовано залучати патентний пошук та використовувати спеціальну літературу, а саме:

1. Кузнецов Ф.А., Резниченко М.Ф. Кремний для солнечной энергетики// Материалы электронной техники. – 2008. – №4. – С.4
2. Markvart T. Solar electricity, 2nd ed., New York: John Wiley and Sons Inc.; 1996.
3. Бойко І. В. Мікропроцесори та мікроконтролери/ В. І. Бойко та ін. – К.: Вищашк., 2004. – 399 с.
4. Tomson T. Discrete two-positional tracking of solar collectors. Renewable Energy 2008;33:400–5.

### 5. Технічні вимоги

5.1 Вимоги до електричних параметрів та режимів:

- напруга живлення, В.....12...15;
- робоча частота, МГц.....1;
- споживаний струм в сані очікування, мкА.....20;
- піковий струм споживання, мА.....100;

## 5.2 Вимоги до конструкції:

- матеріал друкованої плати – двосторонній фольгований склотекстоліт товщина, мм.....1.5;
- розміри, не більше, мм, 118×72×1,5;

## 5.3 Вимоги до стійкості при механічній дії:

Сонячний трекер має зберігати свої параметри в межах встановлених норм під час та після дії механічних навантажень: вібраційних з частотою 1–2000 Гц і максимальним прискоренням 1–5 g, багатократних ударів тривалістю 13 мс з прискоренням 25–70 g, лінійних навантажень з максимальним прискоренням 25 g.

## 5.4 Вимоги до стійкості при кліматичній дії:

Сонячний трекер має зберігати свої параметри в межах встановлених норм під час і після дії кліматичних факторів: температури повітря від +120°C (верхнє значення) до –60°C (нижнє значення); відносної вологості навколишнього середовища 70 % при температурі +35°C.

## 5.5 Вимоги до надійності:

Мінімальне напрацювання пристрою у вказаних режимах та умовах має бути не меншим за 10 000 год. Інтенсивність відмов у режимах й умовах роботи не має перевищувати.

## 6 Економічні показники:

Орієнтовна ефективність і термін окупності витрат на розробку й освоєння виробництва продукції, лімітна ціна, економічна перевага розробленої продукції порівняно з кращими зразками.

## 7 Стадії і етапи розробки:

7.1 Розробка технічного завдання.

7.2 Огляд відомих систем управління сонячними панелями за літературними й патентними джерелами.

7.3 Вибір та аналіз варіантів рішення.

7.4 Вибір оптимального варіанта й детальна розробка його конструктивної схеми.

7.5 Розробка функціональної та електричної схеми.

7.6 Моделювання роботи перетворювача.

7.7 Розробка складального креслення.

7.8 Техніко-економічні розрахунки, розробка заходів безпеки життєдіяльності.

7.9 Оформлення текстової документації та ілюстративних матеріалів для захисту МКР.

## 8 Порядок контролю і приймання:

- рубіжний контроль виконання окремих розділів МКР;
- попередній захист магістерської кваліфікаційної роботи;
- захист МКР перед ДЕК

## Додаток В

### Блок-схема алгоритму роботи мікроконтролера

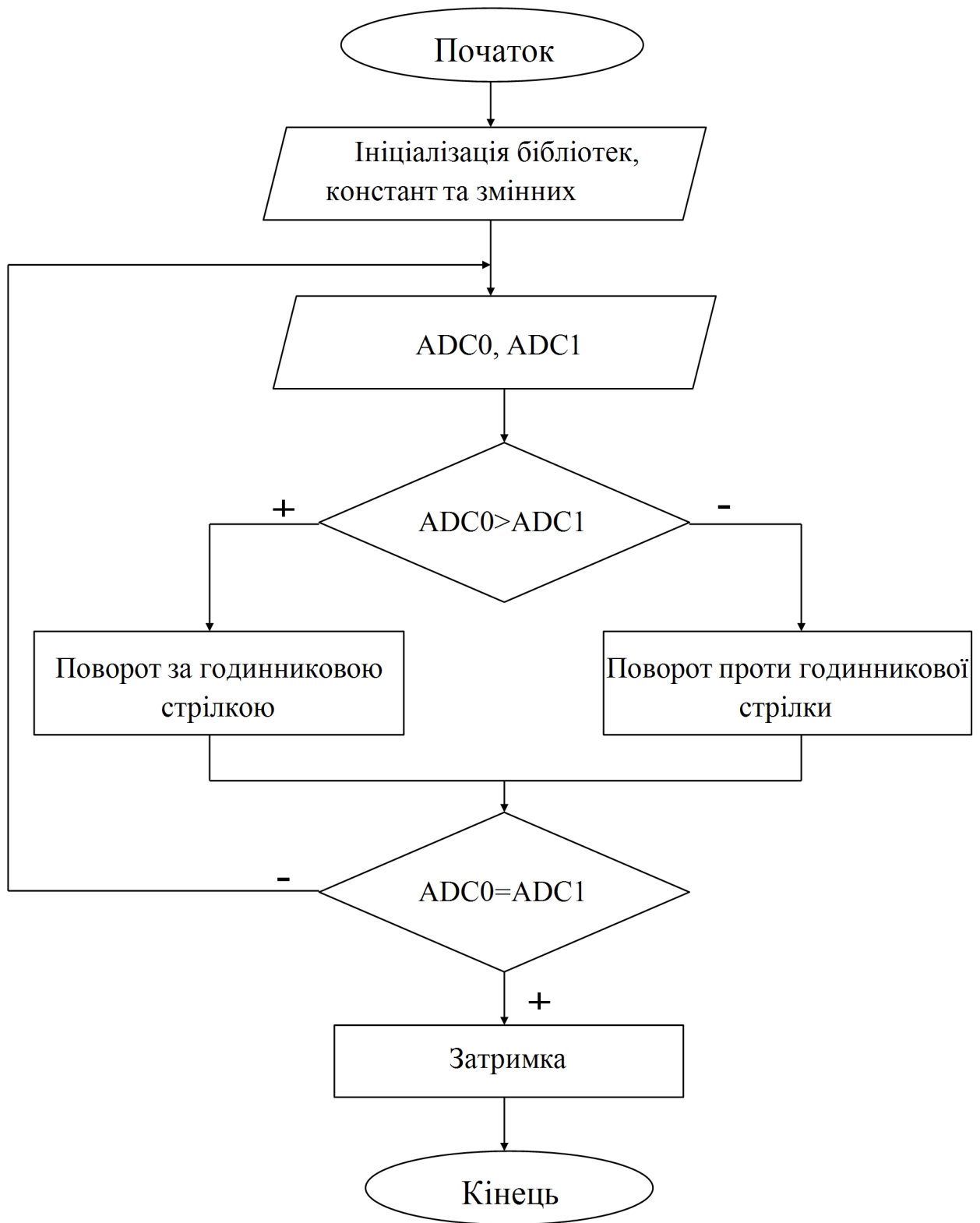


Рисунок В.1 – Блок-схема алгоритму роботи мікроконтролера



		ї р о б о т и					тл ен ні			
Високої точності	0,3-0,5	Ш	г	велик ий	серед ній	400	200	5	2	1,2

Таблиця Г.4 – Нормовані рівні звукового тиску і еквівалентні рівні звуку

Рівні звукового тиску в дБ в октавних полосах з середньо-геометричними частотами, Гц									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Таблиця Г.5 – Нормовані рівні віброприскорення

Гранично допустимі рівні віброприскорення, дБ, в октавних полосах з середньо-геометричними частотами, Гц						Коректовані рівні віброприскорення, дБА
2	4	8	16	31,5	63	
36	33	33	39	45	51	33

Таблиця Г.6 – Гранично допустимі рівні електромагнітних полів (безперервне випромінювання, амплітудна або кутова модуляція)

Номер діапазону	Метричний розподіл діапазонів	Частоти	Довжина хвиль, $\lambda$	ГДР, В/м
5	Кілометрові хвилі (низькі частоти, НЧ)	30-300 кГц	10-1 км	25
6	Гептаметрові хвилі (середні частоти, СЧ)	0,3-3 МГц	1-0,1 км	15
7	Декаметрові хвилі (високі частоти, ВЧ)	3-30 МГц	100-10 м	$3 \cdot \lg \lambda$
8	Метрові хвилі (дуже високі частоти, ДВЧ)	30-300 МГц	10-1 м	3





тис. м <sup>3</sup>		тій ко сті	осіб/м <sup>2</sup>			д е й н а 1 м ш и р и н и е в а к о в и х о д у							
			до 1	2-3	4-5		I,II	III	IV,V	1	2	3 і більше	
до 15	Б	3	40	25	15	45	9	12	15	1	5200	–	–