

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

УДК 004.94:621.311.243

НУБІП України

ПОГОДЖЕНО

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Декан факультету
Інформаційних технологій

Завідувач кафедри

Комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки

_____ Глазунова О.Г., д.пед.н, проф.

_____ Лахно В.А., д.т.н., проф.

підпис ПІБ, вчене звання і ступінь

підпис ПІБ, вчене звання і ступінь

НУБІП України

« _____ » 2021 р.

« _____ » 2021 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

На тему: «Дослідження впливу сонячних трекерів на ефективність
фотоелектричних панелей»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма Комп'ютерні системи і мережі

Орієнтація освітньої програми _____

НУБІП України

Керівник магістерської роботи: _____ / Місюра М. Д. /

підпис

ПІБ

НУБІП України

Виконав: _____ / Черноус О. Б. /

підпис

ПІБ

НУБІП України

КИЇВ-2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

завідувач кафедри

комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки

/ Духно В.А., д.т.н., проф. /

підпис ПІБ, вчене звання і

ступінь

« » 20 р.

З А В Д А Н Н Я

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Чорноусу Олександрю Богдановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)
Спеціальність (напрямок підготовки) Комп'ютерна інженерія
Освітня програма Комп'ютерні системи і мережі

Орієнтація освітньої програми _____

Тема магістерської роботи Дослідження впливу сонячних трекерів на ефективність фотоелектричних панелей

затверджена наказом ректора НУБіП України від " 23 " жовтня 2020р. № 1578 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____

Вихідні дані до магістерської роботи Бакалаврська робота «Розробка мікропроцесорної системи керування фотоелектричними панелями», макет сонячного трекеру.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Огляд проблематики за темою, аналіз існуючих розробок

2. Теоретичне дослідження роботи сонячних трекерів та пристроїв керування

3. Проектування принципових схем та виготовлення друкованих плат

Перелік графічного матеріалу (за потреби) _____

Дата видачі завдання " 23 " жовтня 2020 р.

Керівник магістерської роботи

(підпис)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Місюра М. Д., к.т.н.

(прізвище та ініціали)

Чорноус О. Б.

(прізвище та ініціали студента)

З А В Д А Н Н Я

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Постановка задачі магістерської роботи	23.10.2020	Виконано
2	Аналіз предметної області	20.11.2020	Виконано
3	Аналіз актуальності	25.02.2021	Виконано
4	Оформлення теоретичної частини	30.05.2021	Виконано
5	Проектування системи	20.09.2021	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки	15.10.2021	Виконано
7	Оформлення графічного матеріалу	10.10.2021	Виконано

Студент

(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник проєкту (роботи)

(підпис) (ініціали та прізвище)

НУБІП України

Магістерська робота містить: 72 сторінки, 3 розділи, 55 рисунків, 7 таблиць, 28 джерел, 1 креслення.

НУБІП України

Метою проекту є удосконалення мікропроцесорної системи керування фотоелектричними панелями, та дослідження роботи і ефективності.

НУБІП України

В першому розділі роботи описані актуальність теорія небесної механіки, особливості руху сонця по небесній сфері, сфера альтернативної енергетики, та особливості сонячних панелей.

НУБІП України

Другий розділ описує існуючі системи керування та принцип роботи і складову власного альт-азимутального пристрою, розробку принципову схему пристрою керування сонячним трекером вирахування положення сонця на небосхилі, зручного користувачького інтерфейсу пристрою

НУБІП України

Третій розділ присвячено проектуванню пристрою у вигляді принципової схеми, друкованої плати, 3D моделі за зразком розробленого макету.

НУБІП України

Результатом роботи є проект система керування, у вигляді друкованої плати на яку розміщені всі необхідні елементи її можна реалізувати та

НУБІП України

використовувати для підвищення ефективності сонячних батарей. Роботу виконано враховуючи вже існуючі схожі пристрої, та потреби потенційних користувачів системи. Проект передбачає можливості для розвитку та покращення.

НУБІП України

Ключові слова:

Сонячний трекер, Сонячні батареї, Solar tracker, Arduino project, 3D modeling, Solar position, Solar panels, Photovoltaic panels, Effectivity.

НУБІП України

ABSTRACT

НУБІП України

Thesis contains: 72 pages, 3 sections, 55 figures, 7 tables, 28 sources, 1 drawing.

The main goal of the project is to improve the microprocessor control system of photovoltaic panels, and to study the work and efficiency

The first section describes the relevance of the theory of celestial mechanics, the peculiarities of the movement of the sun in the celestial sphere, the field of alternative energy; and features of solar panels.

The second section describes the existing control systems and the principle of operation and component of your own alt-azimuth device, development of the schematic diagram of the control device solar tracker subtraction of the position of the sun in the sky, user-friendly interface

The third section is devoted to the design of the device in the form of a schematic diagram, printed circuit board, 3D model on the model of the developed layout.

The result of the project is a control system, in the form of a printed circuit board on which are placed all the necessary elements, it can be implemented and used to improve the efficiency of solar panels. The work was performed taking into account existing similar devices and the needs of potential users of the system. The project provides opportunities for development and improvement.

НУБІП України

НУБІП України

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

DAT – Dual Axis Trackers;

AADAT – Azimuth Altitude
Dual–Axis Trackers;

HSAT – Horizontal Single–Axis
Trackers;

PSAT – Polar Single–Axis
Trackers;

SAT – Single–Axis Trackers;

TTDAT – Tip–Tilt Dual Axis
Trackers;

WHSAT – Wall Horizontal single
axis tracker;

VSAT – Vertical Single–Axis
Trackers;

TSAT – Tilted Single–Axis
Trackers;

I2C – Integrated Circuit;

САПР – Система
автоматизованого проектування
і розрахунку;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

МК – мікроконтролер;

СЕС – сонячна електростанція;

ФЕМ – фотоелектричні модулі;

ФЕС – фотоелектрична станція;

ЗМІСТ		
ВСТУП		8
1	СОНЯЧНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИДОБУТКУ ЕНЕРГІЇ	11
1.1	Актуальність розробки систем слідкування за сонцем	11
1.2	Фотоелектричні панелі та їх особливості	16
1.3	Ефективність сонячних панелей	17
1.4	Сонячні трекери, їх класифікація	20
1.5	Будова сонячного трекера	25
2	ОГЛЯД АЛЬТ-АЗИМУТАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ	27
2.1	Огляд існуючих рішень	28
2.2	Розбір елементної бази макету	38
2.2.1	Мікроконтролер та плата для налагодження	38
2.2.2	Макет	40
3	НАУКОВО – ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА	42
3.1	Проектування принципової схеми	42
3.1.1	Мікроконтролер	42
3.1.2	USB-UART	51
3.1.3	RTC – Годинник реального часу	55
3.1.4	Схема живлення плати	57
3.1.5	ESP 8266	59
3.2	Середовище розробки	62
3.3	Розведення друкованої плати	65
	ВИСНОВОК	67
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	69

ВСТУП

Якщо брати до уваги актуальну ситуацію в світі із глобальною проблемою електроенергії із невідновлювальних джерел, сам напрашується висновок про те що потрібно стимулювати генерування електрики більш екологічним шляхом, що практикується вже в багатьох країнах.

І Україна у цьому питанні не виняток, як показано першому розділі даної роботи в Україні спостерігається стрімкий приріст «зеленої» електроенергії що генерується із відновлювальних джерел, такі як сонце та вітер.

В цій роботі писана методика збільшення ефективності сонячних панелей що продукують електроенергію із сонячного випромінення.

Відомо, що існує пряма залежність згенерованої фотоелектричними панелями енергії і кількістю сонячного випромінення яке потрапляє безпосередню на площу поверхні панелі, таким чином географічне положення таких панелей впливає на їх ефективність. Зазвичай встановлення таких панелей можна спостерігати на приватних ділянках, на дахах будинків, гаражів, бізнес-центрів і т.д. Вони переважно встановлені у напрямку географічної півночі або півдня планети, в залежності від поточного положення, та під кутом від 35° до 50° відносно горизонту. Обраний спосіб встановлення забезпечує надійність та дешевизну всієї конструкції, проте є певні недолки і один із них – це відносно низька ефективність.

Суть даного недолку полягає в тому що сонячні панелі при такому встановленні будуть повернуті завжди в одному напрямку та нахилені під статичним кутом. Існують конструкції які дозволяють вручну змінити кут нахилу панелей для різних сезонів. Відомо що земля обертається кругом сонця по еліптичній орбіті що призводить до змін положення того самого сонця на небосхилі відносно глядача на Землі. Також протягом внаслідок того що планета крутиться кругом своєї осі відбувається «переміщення сонця із сходу на захід».

У наслідок цих подій впродовж дня на фотоелектричні панелі потрапляє різна кількість сонячних променів коли сонце сходить, досягає zenіту, та заходить за горизонт. Також слід враховувати висоту сонця над горизонтом яка повільно та не рівномірно змінюється протягом року та зв'язана з орбітальним рухом землі кругом сонця.

Відповідно можна вважати що максимальна кількість енергії яка виробляється сонячними панелями буде тільки тоді, коли сонце знаходиться у zenіті та на рівні 45° над горизонтом, а на світанку та заході сонця ефективність буде мінімальною.

В цілому, в результаті непрямого попадання сонячних променів на фотоелектричні елементи, загальна кількість світлової енергії яку поглинають панелі за світловий день становить від приблизно від 40 до 70% від можливої. Значне збільшення ефективності сонячних панелей можна

забезпечити за допомогою пристрою який називається «Сонячний трекер». Сонячним трекером називають електромеханічну систему яка включає в себе рухому монтажну конструкцію на яку встановлюються фотоелектричні елементи, та пристрій який відстежує положення сонця на небосхилі і повертає панелі слідом за його переміщенням. Живлення трекера відбувається за рахунок енергії яка генерується панелями.

Для отримання максимального ККД фотоелементів потрібно встановлювати всі панелі на сонячні трекери без винятку. Зазвичай такої тенденції не спостерігається через те що таке рішення збільшує ціну усієї

СЕС, ускладнює конструкцію, отже зменшує надійність. Наявність рухомих елементів конструкції вимагає постійного обслуговування навіть коли немає поломів. Рухомі конструкції значно збільшують ризик нанесення шкоди панелям за несприятливих погодних умов таких як сильний вітер та надмірна кількість снігу. На великих сонячних електростанціях для

забезпечення надійності та нормальної роботи установки знадобляться працівники для постійного обслуговування і ремонту. Для малих СЕС, це не обов'язково, вони зазвичай встановлюються в невеликих масштабах на

прибудинковій території, де власник може слідкувати за роботою трекерів та усувати несерйозні неполадки по мірі їх виникнення.

Метою виконання даного дипломного проекту є розробка та вдосконалення мікропроцесорної системи керування фотоелектричними панелями у вигляді друкованої плати яка буде автоматично повертати сонячні панелі перпендикулярно по відношенню до Сонця.

Для досягнення мети роботи необхідно:

- Дослідити актуальність роботи у сфері екологічно чистої енергетики;
- Удосконалити алгоритм слідкування за сонцем;
- Удосконалити алгоритм керування;
- Вибрати елементну базу на основі макету;
- Розробити систему взаємодії із користувачем через Wi-Fi

- Зробити принципову схему
- Реалізувати друковану плату

1. СОНЯЧНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИДОБУТКУ ЕНЕРГІЇ

1.1 Актуальність розробки систем слідування за сонцем

Під час індустріального розвитку світу відбулося багато змін у структурі споживання енергоресурсів. Спочатку основним джерелом енергії було вугілля, яке широко використовувалося в енергетиці, металургії та транспорті. З часом почало зростати значення нафти і природного газу. На сьогодні існує можливість приблизно встановити запаси викопних енергоресурсів, але видобуток і переробка їх великої частини не є економічно вигідною. До того ж, враховуючи зростаючі проблеми екологічності людської діяльності, використання викопного палива негативно впливає на навколишнє середовище. Спалювання викопного палива, такого як вугілля та нафта, утворює парникові гази, які затримують сонячне випромінювання в атмосфері та викликають зміну клімату. Також в процесі виділяються отруйні частинки, відомі як PM2.5, які проникають глибоко в легені та можуть погіршити респіраторні захворювання, такі як астма, і призвести до раку легенів, ішемічної хвороби серця, інсультів та ранньої смерті. Вплив твердих частинок від викидів викопного палива становить 18% від загальної кількості викидів.

Іншим джерелом енергії є ядерне паливо. Проте останнім часом темпи розвитку цього виду енергетики сповільнюються, що спричинено високою вартістю будівництва, проблемою зберігання і утилізації радіоактивних відходів та негативним ставленням громадськості. Отже, у світі зростає попит на третій тип джерел енергії – альтернативний або природний.

У 2020 р. збільшення потужностей з відновлюваної енергії у світі перевершило попередні оцінки та всі попередні рекорди, незважаючи на економічний спад, спричинений пандемією COVID-19. Згідно з даними, оприлюдненими сьогодні Міжнародним агентством з відновлюваної енергетики (IRENA), минулого року світ додав приблизно 260 ГВт

потужностей відновлюваної енергії, що перевищило приріст у 2019 році на 30 відсотків.

Зростання частки відновлюваних джерел у загальному обсязі частково пояснюється виведенням з експлуатації виробництва електроенергії на викопному паливі в Європі та Північній Америці. Загальний обсяг потужностей з використання викопного палива впав з 64 ГВт до 60 ГВт у 2020 році, що підкреслює триваючу тенденцію до зменшення використання викопного палива.

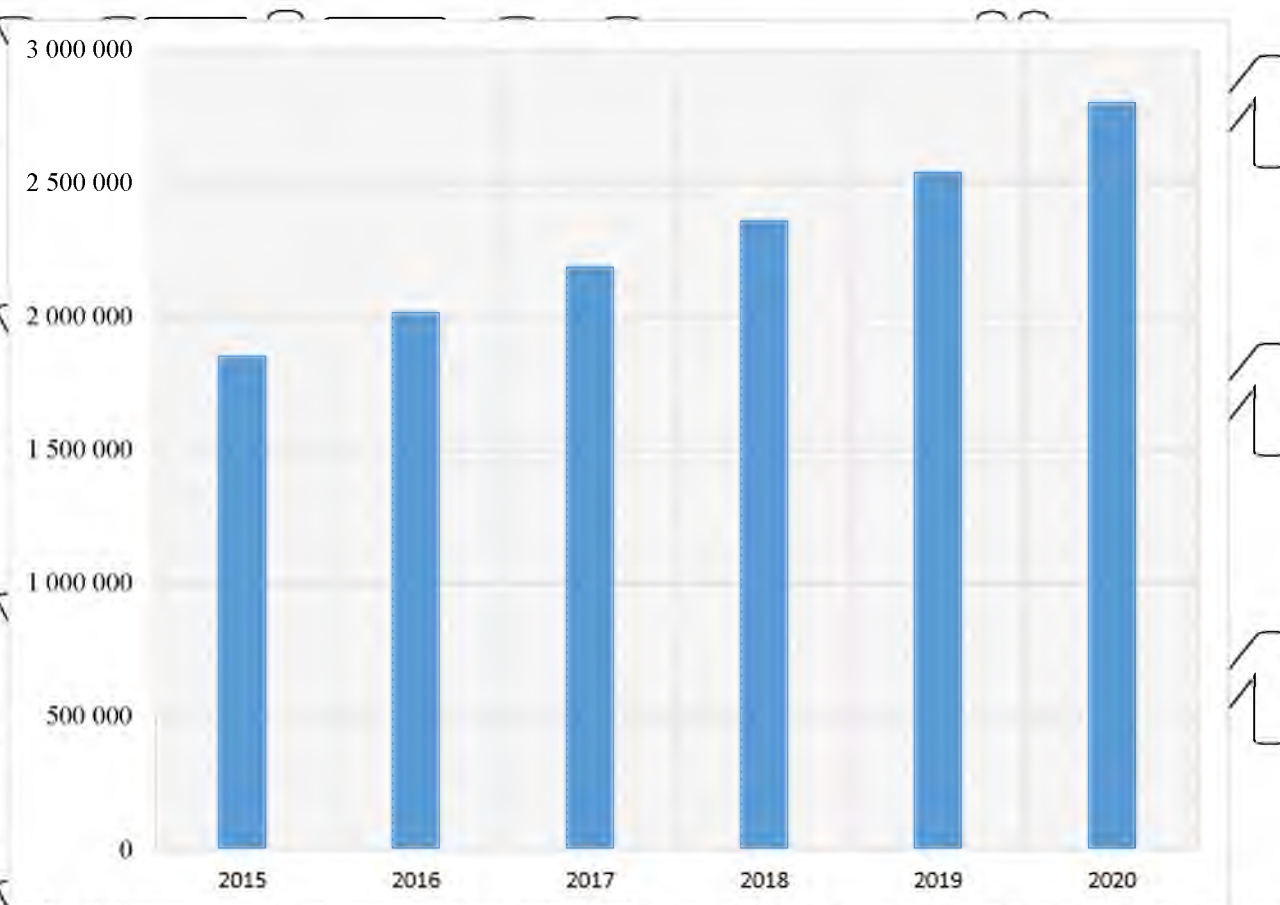


Рисунок 1.1 - Потужності "зеленої" енергії, МВт

Гідроенергетика все ще займає найбільшу частку (1332 ГВт) від загальної кількості потужностей з використання відновлюваних джерел енергії, проте значна частина припадає на сектор вітрової (732 ГВт) та сонячної енергетики (716 ГВт).

Таблиця 1.1 Приріст «зеленої» енергії

	Гідроенергетика, МВт	Вітроенергетика, МВт	Сонячна енергетика, МВт
2019	1 312 169	621 646	590 256
2020	1 632 885 +1,55%	732 410 +15,12%	706 152 +17,38%

Розвинені країни все частіше надають перевагу використанню «зеленої енергії». Сполучені Штати планують отримувати 40% електроенергії від сонячної енергії до 2035 року, що допоможе декарбонізувати енергосистему США. Дослідження Solar Futures висвітлює той факт, що сонячна батарея це найдешевше і найшвидше зростаюче джерело чистої енергії. Також праця зосереджується на трьох майбутніх сценаріях, два з яких припускають, що електрична мережа США буде декарбонізована на 95% до 2035 року і на 100% – до 2050 року. Розгортання сонячних батарей може принести робочі місця, заощадити на рахунках за електроенергію та підвищити енергетичну стійкість.

Крім зменшення викидів вуглецю, встановлення сонячних панелей має багато інших переваг. Сонячну енергію можна використовувати для різних цілей, наприклад для виробництва електроенергії в районах без доступу до енергетичної мережі, для дистиляції води в регіонах з обмеженими запасами чистої води та для живлення супутників у космосі. Системи сонячної енергії, як правило, не вимагають великого обслуговування. Технології в галузі сонячної енергетики постійно розвиваються, і в майбутньому вдосконалення будуть посилюватися. Інновації в квантовій фізиці та нанотехнологіях потенційно можуть підвищити ефективність сонячних панелей і подвоїти або навіть потроїти електричну потужність сонячних енергетичних систем.

Дані щорічного звіту SEIA Solar Means Business показують, що великі корпорації США, включаючи Apple, Amazon, Walmart, Target та Google,

інвестують у сонячну та відновлювану енергію неймовірними темпами. Оскільки ціни на сонячні батареї знизились, а можливості інвестувати в чисту енергію розширилися, кількість комерційних сонячних установок швидко зростає. Від систем на дахах місцевих підприємств, сонячних паркувальних навісів, які підтримують штаб-квартири компаній, до великих зовнішніх установок, які живлять центри обробки даних, ці проекти настільки ж різноманітні, як і самі компанії. Компанії інвестують у сонячну енергію з багатьох причин: щоб забезпечити свою діяльність, досягти екологічних цілей або просто заощадити гроші на своїх рахунках за електроенергію.

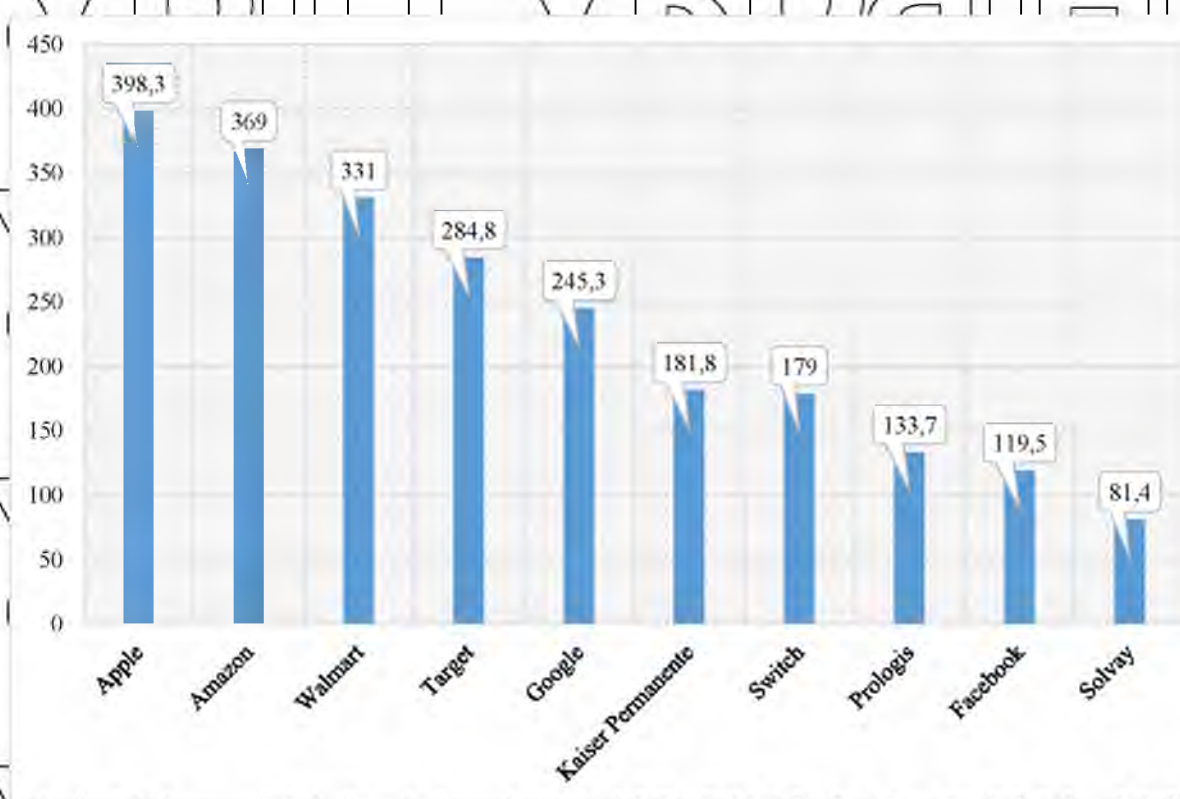


Рисунок 1.2 - Американські компанії які використовують сонячну енергію

Повністю перейти на енергію з відновлюваних джерел планує не тільки США. Згідно з Європейською зеленою угодою до 2050 року країни Європейського союзу мають на меті запровадити відповідні заходи.

Зростає вироблення електроенергії з відновлюваних джерел енергії в період з 2009 по 2019 рік, значною мірою відображає розширення трьох відновлюваних джерел енергії в ЄС, головним чином енергії вітру, а також сонячної енергії та твердого біопалива (включаючи відновлювані відходи).

Усі країни Північної Європи отримують більше однієї третини свого тепла з відновлюваних джерел; Швеція - дві третини, а Ісландія - більше ніж три чверті. На душу населення регіон споживає в чотири рази більше відновлюваної енергії для тепла, ніж ЄС. Норвегія використовує свою гідроенергію, тоді як в інших країнах поширені мережі централізованого теплопостачання, часто засновані на відновлюваних джерелах енергії, що зменшують попит на електроенергію.

Україна поставила за мету до 2035 року отримувати 25% загальної суми енергії з відновлюваних джерел енергії. Поточна частка енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), вітру, сонця, біомаси, біогазу та малої гідроенергетики, включаючи великі гідроенергетичні проекти протягом 10 МВт, порівняно невелика. На початку 2020 року частка відновлюваних джерел енергії в енергетиці досягла 11 відсотків, а до кінця року - 12,4 відсотка. Вищий за середньорічний обсяг сонячного опромінення в Україні робить Україну надзвичайно привабливим виробником сонячної енергії, особливо для існуючих промислових об'єктів та агробізнесу, що розвивається. З 2018 по 2020 рік потужність сонячної енергії зросла майже в 5 разів і до кінця 2021 року перевищить 78% усіх потужностей відновлюваної енергії в Україні. Варто підкреслити, що з 2015 року приватними домогосподарствами було інвестовано близько 495 млн. євро на встановлення сонячних електростанцій.

Отже, метою використання відновлюваної енергетики є не тільки пом'якшення кліматичних змін, а й просування економічного розвитку, підвищення енергетичної безпеки та покращення доступу до енергії. Сонячна енергетика є ключем до майбутнього чистої енергії. Щодня Сонце виділяє набагато більше енергії, ніж потрібно для діяльності

Н людуства. Сонячні панелі виробляють електроенергію, перетворюючи безперервний потік енергії сонця в електрику. Після встановлення сонячних панелей експлуатаційні витрати є досить низькими в порівнянні з іншими видами виробництва електроенергії [1].

НУВІП України

1.2 Фотоелектричні панелі та їх особливості

Фотоелектричні модулі перетворюють сонячну енергію в електрику. На перший погляд, цей простий алгоритм реалізується важливим мінералом — кремнієм. Кремній є одним з найпоширеніших наземних елементів, а це означає, що його видобуток і запаси дуже сприятливо впливають на вартість сонячних батарей. Головна перевага сонячної енергії – екологічна чистота. Немає шкідливих викидів, радіації та відходів. Джерело цієї інформації дуже надійне. Однак є один недолік - нестабільна природа. Хмарна погода значно зменшує можливість виробництва електроенергії, тому сонячні системи зазвичай працюють паралельно з традиційними джерелами живлення. [2].

Сонце є багатим джерелом енергії, і ця сонячна енергія успішно використовується, при застосованні сонячні фотоелектричні елементи й фотоелектричний ефект для перетворення світлової енергії в електричну.

Але продуктивність конверсії звичайної фотоелектричної комірки невисока. Одна з основних причин цього полягає в тому, що вихідна потужність фотоелемента безпосередньо залежить від інтенсивності світла, і, якщо положення Сонця на небі регулярно міняється, ефективність поглинання його сонячною панеллю, що не рухається буде значно меншою від максимальної. В певний час дня і року, коли вони перпендикулярні сонячним променям, фотоелектричні елементи можуть бути дуже продуктивними, проте вони менш продуктивні в інших випадках.

Сонячні панелі – один з найголовніших і важливий компонент, що використовується при конструюванні фотоелектричних систем, які мають різне призначення (Рисунок 1.3).

Найголовніші плюси застосування сонячних батарей пояснюються їх характерністю конструкції: у них висока завадостійкість, стабільність електричних особливостей, а відсутність в їх складі рухомих частин, вони становляться довговічними, зменшуючи фактично до нуля використання коштів на підтримування в нормальному технічному становищі вироб.



Рисунок 1.3 – Типова сонячна панель AS-6P30-285W.

1.3 Ефективність сонячних панелей

Ефективність фотоелектричної панелі вимірюється кількістю сонячного світла (опромінення), яке падає на поверхню сонячної панелі і перетворюється в електрику. Завдяки тому, що технології розвиваються, середня ефективність панелей зросла з 15% до більш ніж 20%. Цей великий стрибок ефективності призвів до збільшення номінальної потужності панелі стандартного розміру з 250 Вт до 370 Вт.

Цей показник залежить від конструкції та типу кремнію, що використовується, а також від розташування, конфігурації та розміру

панелі. Колір захисного покриття може вплинути на ефективність. Чорний задній лист може виглядати більш естетично, але він поглинає більше тепла, що призводить до підвищення температури елемента, а не

підвищує опір і знижує загальну ефективність перетворення. Кремнієвий матеріал може бути P-типу або N-типу. Ефективність елемента розраховується за так званім коефіцієнтом заповнення (FF), який відображає відношення фактичної максимальної доступної потужності до добутку струму короткого замикання і напруги холостого ходу. Конструкція комірки відіграє важливу роль.

Основні характеристики включають кремнієвий тип, кілька шин (MBB) і тип пасивації (PERC). Дорогі елементи IBC на даний момент є найефективнішими (20-22%) завдяки високоякісній кремнієвій основі N-типу та відсутності втрат від затінювання шин. Однак останні моно-клітини PERC з MBB і новітні клітини з гетеропереходом (HJT) досягли рівня ефективності значно вище 20%.

З точки зору охорони навколишнього середовища, підвищення ефективності зазвичай означає, що сонячна панель окупить втілену енергію для видобутку сировини та виробництва сонячної панелі за менший час.

Сонячні панелі на основі кремнію вже окупають втілену енергію протягом 2 років. Враховуючи те, що ефективність панелей зростає більше ніж на 20%, то термін окупності скоротився до менш ніж 1,5 року. Кожна сонячна панель

має свій термін служби і чим більша ефективність, тим більше така панель може виробляти електроенергії, таким рентабельність інвестицій буде знижена ще більше. Панелі з більш високою ефективністю виробляють більше енергії на квадратний метр і, таким чином, потребують менше загальної площі.

НУБІП України

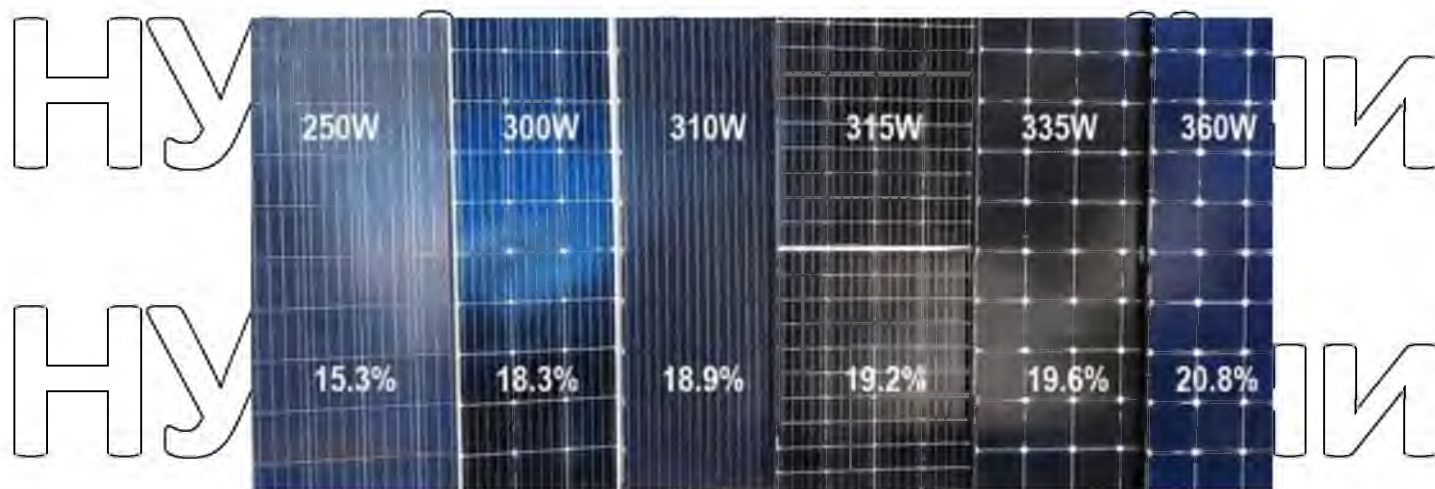


Рисунок 1.4 - Сонячні панелі

Також показник роботи сонячної панелі залежить від багатьох зовнішніх факторів, наприклад опромінення, затінення, температура, місцезнаходження, пора року, пил.

На рівень сонячного опромінення впливають такі атмосферні умови, як хмари та смог, широта та пора року. Більшість панелей з'єднані послідовно, а затінення однієї панелі впливає на всю струну. Таким чином, затінення кількох осередків на одній панелі може знизити вихідну потужність на 50% або більше. Номінальна потужність сонячної панелі, виміряна у ватах (Вт), розраховується за стандартних умов випробувань і вимірюється при температурі елемента 25°C . Однак у реальному світі температура елемента зазвичай піднімається значно вище 25°C (влітку в Україні температура може сягати 40°C і вище).

Під час сонячної погоди внутрішня температура елемента часто на $20-30^{\circ}\text{C}$ вища за температуру навколишнього повітря, що призводить до зменшення потужності на 8-12%. Товстий шар снігу може бути занадто важким для сонячної панелі. Сонячні батареї перестають працювати, коли на сонячній панелі накопичується більше 5 см снігу, як результат ефективність сонячної панелі знижується на 100%. В такому випадку завдяки нахилу сонячної панелі сніг може сковзати, або в іншому випадку потрібно фізично прибирати його. Вітер є однією з найбільш

передбачуваних причин пошкодження сонячних елементів, адже, зі збільшенням швидкості вітру відбувається незначне зниження ефективності. З іншого боку, вітер охолоджує сонячні панелі, що позитивно впливає на продуктивність (при зниженні температури панелей на 1 градус збільшується ефективність на 0,05%). При низькій температурі повітря і високій вологості панелі можуть покриватись льодом, якщо вони не покриті кремнієвим покриттям, що також негативно впливає на ефективність.

Тестування ефективності сонячних панелей проводиться з метою запобігання продажу на ринку низькоякісних сонячних панелей. Виробник повинен довести, що сонячні батареї мають тривалий термін служби та довгострокову ефективність. Зазвичай сонячні батареї випробовуються на сучасному, повністю автоматизованому обладнанні для тестування сонячних панелей. Цей високий стандарт тестування дозволяє класифікувати ефективність сонячних панелей на групи з подібною вихідною потужністю.

Ефективність панелі розраховується як номінальна потужність, поділена на загальну площу панелі, тому наявність панелі більшого розміру не завжди означає більшу ефективність. Однак більші панелі з використанням осередків більшого розміру збільшують площу поверхні комірки, що підвищує загальну ефективність. Найчастіше виготовляються пластини розміром 166 мм, 182 мм і 210 мм. Більші елементи в поєднанні з новими великими форматами панелей дозволили виробникам розробити надзвичайно потужні сонячні панелі з потужністю до 670 Вт. Більші розміри осередків мають більшу площу поверхні, і в поєднанні з найновішими технологіями елемента стрічка, можна підвищити ефективність панелі до 22%.

1.4 Сонячні трекери, їх класифікація

Сонячний трекер – це пристрій, який відстежує рух Сонця і змінює своє положення відносно нього. Коли на сонячні трекери встановлюються

сонячні панелі, з'являється можливість виробляти більше відновлюваної енергії для використання. Такі обладнання можуть бути встановлені на землі або на даху.

Існує три типи сонячних трекерів в залежності від способу їх руху:

- з ручним управлінням;
- пасивні;
- активні;

Для обслуговування першого типу необхідно щоб людина фізично налаштовувала кут нахилу панелей протягом дня. В такому випадку збільшуються видатки на обслуговування сонячних трекерів, хоча початкова їх вартість може бути нижчою.

Пасивні сонячні трекери також не часто використовуються. Вони містять рідину з низькою температурою кипіння, яка випаровується під

впливом сонячних променів. Ця рідина міститься в каністрах, встановлених на кожній стороні модуля і може легко перетворюватися на пару. Каністри в'єднані між собою довгою трубкою і залежать від ваги рідини, що переміщується, оскільки вони нагріваються сонячним світлом. Коли світить

сонце, і якщо одна каністра затінена, а інша ні, рідина в більш теплій трубці випаровується і виштовхує більше рідини в затінену трубку. Вага зміщується, і трекер рухається таким чином, щоб вирівняти температури, а отже, і вагу. Такі трекери прості і не потребують живлення, але вони

залишаються ввечері нахиленими на захід і потребують ручного перезапуску. Таким чином, вранці потрібно приблизно 10 години, щоб змінити нахил на схід, а це означає, що витрачається час неефективно.

НУБІП України

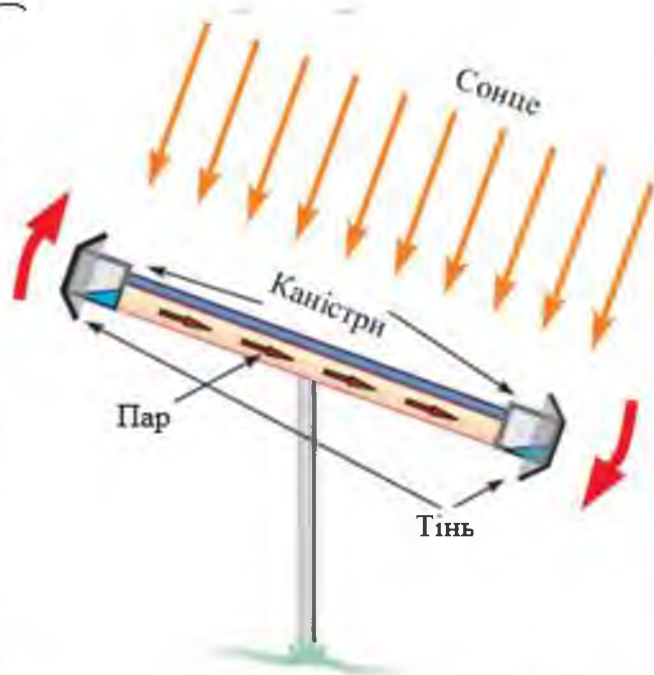


Рисунок 1.5 - Приклад пасивного сонячного трекеру

Останній тип сонячних трекерів передбачає використання двигунів або гідравлічної системи для зміни положення. В такому випадку двигуни відповідають за переміщення фотоелектричних панелей відносно Сонця. На перший погляд, така система є найкращою. Варто враховувати, що такий пристрій також має свої недоліки, хоча і є найзручнішим та найефективнішим. Рухомі частини всередині пристрою періодично можуть потребувати заміни або обслуговування. Це може привести до підвищення витрат на обслуговування протягом усього терміну служби системи.

Раніше найчастіше використовувалися фіксовані або статичні сонячні системи, але зараз з розвитком технологій ефективність сонячних систем збільшується за рахунок використання одніосьових і двовісних сонячних трекерів, які можуть відстежувати положення Сонця відповідно до сезону і часу доби. Хоча стаціонарні пристрої можуть легко пристосуватися до більш суворого умов навколишнього середовища, автоматизоване відстеження є складнішою задачею, що вимагає додаткової підготовки майданчика, додаткових траншей для прокладки проводки та деяких додаткових оцінок, автоматизовані системи відстеження широко

використовуються, оскільки вони підвищують ефективність видобутку енергії за рахунок оптимізації процесу. Двовісна система відстеження виробляє максимальну кількість вихідної енергії в порівнянні з іншими.

Ефективність одноосьового трекара нижча приблизно на 5–10%, а фіксованої системи – на 50% [3].

Одноосьовий трекер включає одну вісь, навколо якої можливий поворот, щоб вирівняти панель перпендикулярно сонячному випромінюванню. Найбільш ефективна орієнтація - вздовж осі північного меридіана.

Існує кілька конфігурацій одновісних систем відстеження, які включають модулі з вертикальним (VSAT), горизонтальним (HSAT), горизонтальним з нахиленими модулями (HTSAT), нахиленим (TSAT) і полярним вирівнюванням (PSAT). SAT дешевші і менш складні, але менш ефективні в порівнянні з двохосьовою системою.

Двохосьовий сонячний трекер має дві осі обертання, які зазвичай перпендикулярні одна одній. Це вимагає складнішої системи керування та є більш ефективним, ніж системи відстеження однієї осі (SAT). Згідно з дослідженням ефективність використання двохосьових сонячних трекерів більша на 15–17% в порівнянні до використання одноосьових систем.

Відповідно до стратегій контролю, сонячні трекери можна розділити на два типи: ті, що використовують метод прямого або непрямого відстеження.

Метод прямого відстеження це метод керування системою відстеження на основі результатів прямого вимірювання фотоелектричної системи. Такий метод на основі сонячного випромінювання визначає положення системи за допомогою фоторезисторів та оцінки максимальних даних сонячної радіації. Також можливий інший варіант, коли система змінює нахил сонячних панелей на основі оцінки поточних даних, отриманих від фотоелектричної системи. Цей метод має недоліки, адже є чутливим до тимчасових помилок.

Метод непрямого відстеження призначений для керування системою шляхом обчислення положення сонця з урахуванням дати та часу. Однак цей метод має недоліки в тому, що важко відобразити різницю виробництва електроенергії залежно від місця та напрямку, де встановлена фотоелектрична система.

Трекер вибирається залежно від умов, в яких він буде експлуатуватися. Ці умови включають в себе: широту місцевості, погодні умови, габарити установки, доступну площу для установки та інше. Сьогодні багато зарубіжних і вітчизняних компаній пропонують різні конструкції систем інсталяції фотоелектричних модулів (ФЕМ) в широкому ціновому діапазоні.

Серед запропонованого розмаїття систем можна виділити дві основні групи – статичні і динамічні. Статичні системи – системи, які забезпечують кріплення ФЕМ та орієнтування на південь під певним кутом (в залежності від регіону). Динамічні системи (трекери) забезпечують автоматичне орієнтування ФЕМ за кутом до горизонту, за азимутом (напрямом за стороною світу). Як одноосьові так і двоосьові системи широко представлені на ринку. Класифікуються трекери за кількістю і положенню осей обертання (Рисунок 1.60) [4].



Рисунок 1.6 – Сонячні трекери: їх класифікація

1.5 Будова сонячного трекера

Звичайна будова сонячної електростанції при застосуванні трекера наведена у Рисунок 1.7. До конструктивних елементів трекера можна віднести наступні:

- фундамент або несуча частина і рухома частина, яка задає осі повороту платформи;

- різні підсистеми, до складу яких входять блок управління, безпеки, стабілізатори, метеостанція, грозозахист;

- пристрої управління рухомою платформою, що складається з двигунів, які ще називають актуаторами (Рисунок 1.8);

- контролер, призначений для обслуговування і налаштування енергосистеми;

- роутер, який підключений до мережі інтернет, щоби відряджати дані моніторингу системи, а також для віддаленого доступу до системи;

- система навігації, являючись потрібною для визначення географічного положення панелей;

- інвертор, яким здійснюється модифікація безперебійної напруги в змінну.

З метою зниження вартості будівництва сонячних електростанцій деякі з перерахованих вище компонентів не встановлюються. Опорна конструкція трекера повинна забезпечувати активні функції при сильному вітрі. Зі

збільшенням розмірів сонячних батарей, вага всієї конструкції також

повинна зростати, тим самим збільшуючи навантаження на трекер. Для

подолання цього фактора було збільшено загальний розмір всієї

конструкції, а також перерозподілили навантаження на конструкцію

трекера. [5].



Рисунок 1.7 – Сонячний трекер з повною комплектацією.



Рисунок 1.8 – Зображення сонячної панелі з встановленими актуаторами.

НУБІП України

2. ОРЛЯДАЛЬТ-АЗИМУТАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ

В якості інтерфейсу передачі даних між датчиками і мікроконтролером використовується Inter-Integrated Circuit (I2C) – це протокол, який створювався для зв'язку інтегральних мікросхем всередині електронного пристрою. В основі цього протоколу використовується 8-бітна шина, яка виступає мостом для зв'язку між блоками в керуючій електроніці, та системи адресації, завдяки якій відкривається можливість спілкуватися з декількома пристроями по однакових дротах. Просто дані передаються з додаванням до пакетів ідентифікатора потрібного елемента. Найпростіша схема I2C може містити в собі один ведучий пристрій (зазвичай мікроконтролер) і декілька введених (наприклад, дисплей LCD). Кожен має адресу в діапазоні від 7 до 127. Двох однакових адрес пристроїв в одній схемі не має бути. З протоколу I2C можна виділити такі переваги:

- підтримує різні режими передачі даних відповідно до версій 100 Кбіт/с, 400 Кбіт/с, 1 Мбіт/с до 3,4 Мбіт/с;
- синхронна комунікація SPI;
- використовує лише 2 лінії – SDA (Serial Data) і SCL (Serial Clock);
- через даний інтерфейс можна підключити більше одного пристрою;
- легка діагностика помилок та їх виправлення;
- для керування декількома пристроями потрібен лише один мікроконтролер;
- пристрої можуть бути вилучені, не впливаючи на будь-які інші схеми на шині

НУВІП України

Проте I2C має і ряд недоліків:

- напівдуплексний режим зв'язку;
- потребує більш складного обладнання;
- швидкість передачі даних менша, ніж у SPI

НУВІП України

2.1. Огляд існуючих рішень

У першій системі використовують датчики освітлення, за допомогою яких визначається найбільш оптимальне положення до сонця. Схему подібної системи зображено на рисунку 1.19. У цьому проекті двигун постійного струму використовується для переміщення сонячної панелі.

Двигун постійного струму з'єднується з шестернями і кріпиться до панелі. Коли двигун обертається, він переміщує панель в залежності від показань датчиків [6].

НУВІП України

Для корекції положення на одній осі використовуються два датчика освітленості, в даному випадку фоторезистор. Розташування цих чутливих елементів таке, що показання датчика однакові в найкращому положенні відносно сонця. У разі неправильної орієнтації осі приладу відносно сонця

НУВІП України

ми зіткнемося з ситуацією, коли один датчик отримує менше світла. Різниця в показаннях датчика визначає напрямок, в якому повинен обертатися двигун. Системою керує Arduino, яка є платформою розробки електронних пристроїв з відкритим вихідним кодом, в основному на основі невеликого, легкого у використанні апаратного та програмного забезпечення.

НУВІП України

НУВІП України

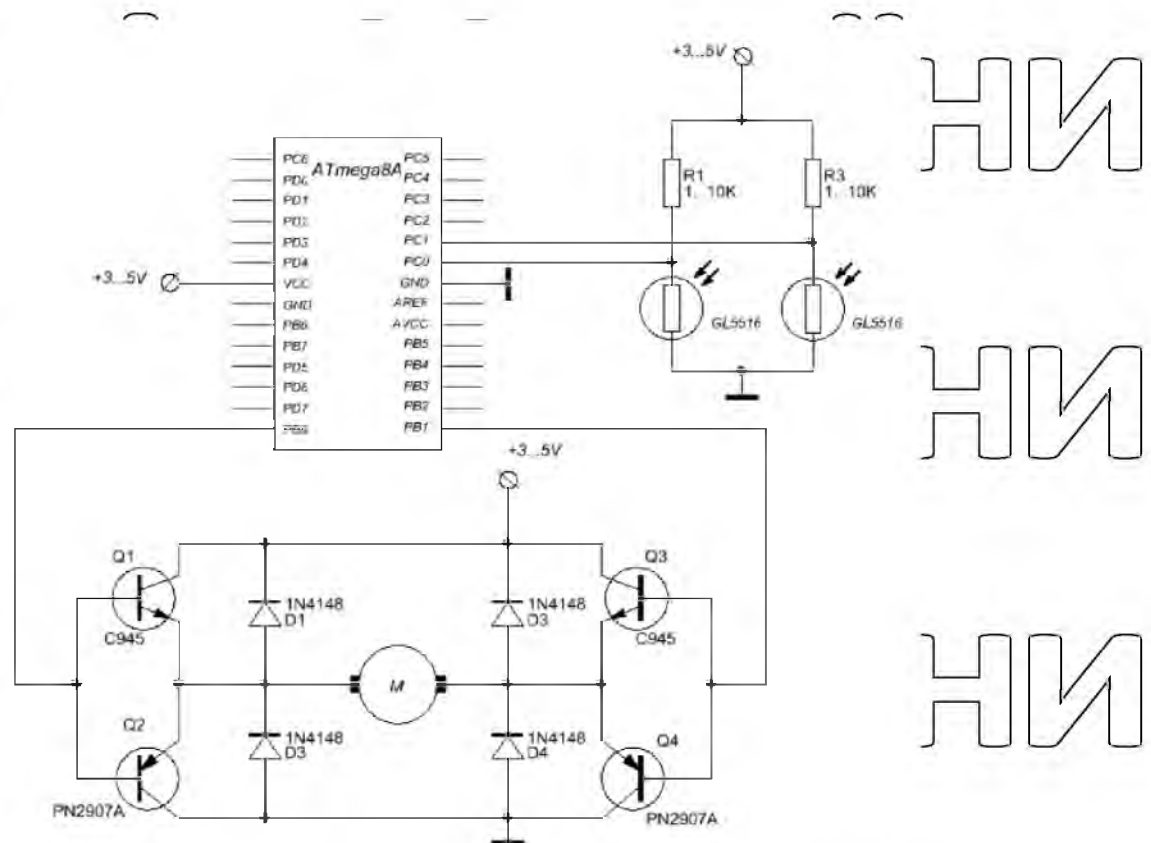


Рисунок 2.1 – Схема пристрою слідування із використанням фоторезисторів

Комплекс стеження за сонцем на основі розрахунку даних, отриманих від GPS приймача. Дана система складається з базового модуля SOLARSAN-GPS який може працювати самостійно і SOLARSAN-SLAVE працюють тільки як виконавчий пристрій. Як говориться в інструкції до використання пристрою «За допомогою SOLARSANGPS можна орієнтувати сонячні концентратори, колектори або панелі під прямим кутом до сонячного світла. Управління здійснюється за допомогою актуаторів або поворотних привідів в двох площинах і має точність один градус. Модуль має вхід для підключення анемометра (Рисунок 2.2) для захисту від сильного вітру, вхід датчика граду і снігу і вхід фото-датчика для режиму сну при низькій сонячній активності. Модуль WiFi дозволяє налаштувати трекер через WEB-сторінку або локальну мережу. Вбудований MQTT брокер дозволяє управляти і отримувати дані через мережу інтернет по

всьому світу. Живлення від 12V до 30V (і версію HV з живленням від 12V до 55V). Захист по струму. Захист від короткого замикання. Вбудований радіо-модем 433.92 (315.00) мГц потужністю 100 мВт для передачі даних в радіусі до 100 метрів модулів SOLARSAN-SLAVE.

Працює як в однісі так і в двох осях. Корпус IP66 дозволяє встановлювати сонячний трекер під відкритим небом» [7].



Рисунок 2.2– Анемометр



Рисунок 2.3 – Зображення пристрою SOLARSAN-GPS

Вимоги до механічної частини:

- Вісь обертання не повинна мати нахилу. Це додає схилення і в крайніх положеннях від 180 градусів (південь) буде велика похибка.
- Для коректної роботи модуля управління необхідно правильно встановити приводи таким чином, щоб виконувалися умови.

- Переміщення по азимуту має лежати в межах від 120 до 370 градусів.
- Початковий кут по висоті повинен лежати в межах від 0 до 20 градусів. Де 0 це коли панель перпендикулярна землі.

- Кінцевий кут по висоті повинен бути завжди 90 градусів. Це положення при якому сонячні панелі знаходяться паралельно землі.

- Переміщення має бути обмежена не механічно, а кінцевими вимикачами встановленими в редукторі або на рухомих частинах приводів (Рисунок

2.4),

- У всьому діапазоні переміщення не повинно бути перешкод.
- Датчик зворотного зв'язку встановлений в редукторі повинен замикати ланцюг. Це може бути геркон або датчик холу SS449A.

- Максимальна кількість імпульсів зворотного зв'язку з цим не має перевищувати значення встановлене параметром GR (див. Конфігурація).

- Провід живлення приводів не повинні чіпляти рухомих частин. Від правильної установки залежить результат особливо для параболічних концентраторів.

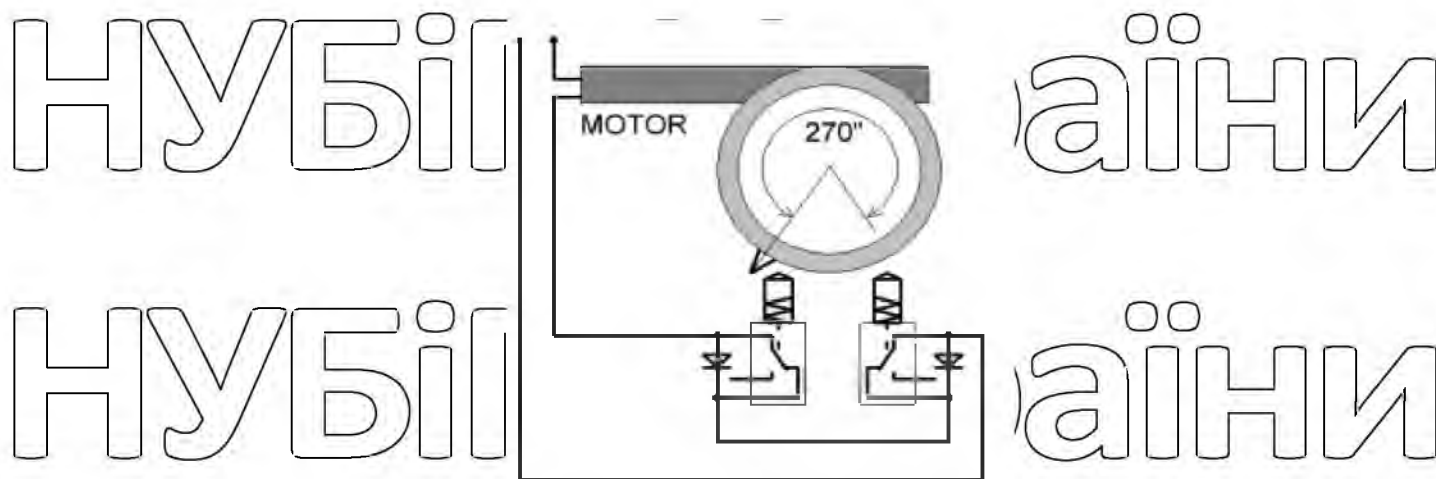


Рисунок 2.4 – Обмеження повороту трекера

Вимоги до електричної частини:

- Модуль повинен бути встановлений в зоні впевненого прийому GPS.
- При використанні трифазних або однофазних моторів змінної напруги з живленням 110 або 220 вольт, необхідно встановити реле. При цьому струм моторів не буде контролюватися. Для цього необхідно встановити додатково струмовий захист.
- Управління розраховане на двигуни постійного струму. Мотори встановлені в приводах повинні мати однакову напругу живлення.
- Струм навантаження приводів по обом осям повинен бути схожий.
- Живлення модуля має бути від окремого джерела з гальванічною розв'язкою!
- Проводи датчиків не повинні знаходитися поблизу силових ліній живлення.
- Рекомендується використання екранованих проводів для підключення приводів і датчиків або заплести в косичку.
- Напруга живлення не повинно виходити за діапазон напруги живлення. Живлення пристрою від 12V до 30V (і версія HV з живленням від 12V до 55V).
- При використанні SOLARSAN – SLAVE перевірте на впевнене проходження радіосигналу. Перевіривши роботу SOLARSAN – SLAVE

на двохразовому видаленні. Для збільшення дальності розтягніть спіральну антену приймача і передавача.

- У момент руху приводів встановіть поріг струму таким чином, щоб не було сигналу перевантаження.

- Встановіть датчик освітленості в місці де не буває тіні. Як датчик освітленості рекомендується використовувати фоторезистор номіналом 10кОм.

- При використанні модуля в приміщенні, в залізному боксі або під навісом встановіть зовнішню антену GPS.

- Анемометр використовується з аналоговим виходом. Для підключення анемометра з частотним виходом використовуйте конвертер.

- Підключення комп'ютера для конфігурації модуля здійснюється тільки при відключеному живленні.

SOLARSAN при включенні інформує двома звуковими сигналами про подачу живлення. Після чого включає мотор по азимуту (вісь X) проти годинникової стрілки на світанок. Якщо мотор зупинився раніше то пропадає або відсутній сигнал зворотного зв'язку. Так само процедура повторюється для осі висота (вісь Y), запуститься мотор, щоб встановити панель перпендикулярно землі. Це початкове положення.

Після визначення даних супутників, чому буде свідчити миготливий світлодіод, SOLARSAN встановить панель перпендикулярно променям сонця. При кожній зміні розрахункової позиції сонця на один градус, буде проведений підведення панелей для досягнення максимальної точності позиціонування. Це особливо важливо для параболічних концентраторів. Кожну хвилину дані про всіх розрахунках і позиції видаються в порт і передаються передавачем для SOLARSAN-SLAVE.

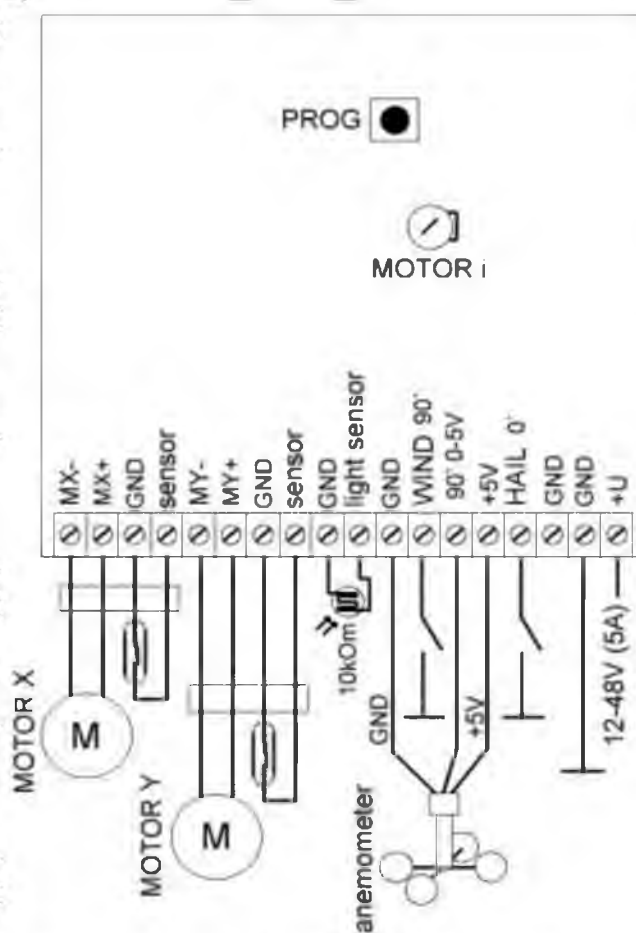


Рисунок 2.5 – Схема підключення SOLARSAN

В кінці дня коли сонце буде знаходитися за горизонтом і не буде активована захист по датчику вітру або граду, відбудеться перезавантаження і панелі встановляться в початкове положення. Це зроблено для того щоб на теплі панелі не налипнув сніг. У разі якщо вночі спрацює датчик вітру, то панелі переведуться в положення паралельно землі і залишаться в такому положенні до світанку.

У модулі SOLARSAN-GPS передбачено кілька видів захисту. У актуаторів є кінцеві вимикачі, модуль завжди знає в якому положенні знаходиться привід і не дасть завдання переміщатися за межі можливого значення, а також є два види захисту по струму – це запобіжник і електронний датчик струму. поріг датчика струму можна задати резистором «MOTOR i». Для зручності настройки, за 10% до відключення, модуль управління попередить зумером. Поріг струму встановлюється в момент

переміщення і діє для обох приводів. Тому, рекомендовано використовувати приводу однакової потужності.

У пристрої передбачений вхід для установки трекера паралельно землі.

Поки даний вхід замкнений на «GND» трекер буде знаходитися в режимі захисту від вітру. При розмиканні входу трекер буде встановлено по розрахованому куті. Над входом WIND є пріоритет входу HAIL і управління по MQTT.

Датчик граду встановлюється безпосередньо на скляну або пластикову поверхню за допомогою двостороннього скотча або клею. Для підключення необхідно три дроти. Харчування датчика граду 5 вольт. Вхід «логічний», якщо його замкнути на «GND», то вісь Y займе 0" (перпендикулярно землі). Вхід «датчика граду» має пріоритет над «датчиком вітру».

Модуль SOLARSAN-GPS є «Master» радіопередавач встановлений в ньому, що забезпечує зв'язок з модулями SOLARSAN-SLAVE. Радіус зв'язку залежить від моделі передавача. За замовчуванням дальність становить близько 100 метрів, але можна збільшити її до 1000 метрів встановивши більш потужний передавач. SOLARSAN-SLAVE не має датчиків граду, снігу, світла, вітру і GPS модуля. Його завдання приймати готовий сигнал і повторювати позицію. У SOLARSAN-SLAVE такі ж вимоги по монтажу і установці порога струму. Кількість SOLARSAN-SLAVE підключених до одного SOLARSAN-GPS не обмежена. метод шифрування забезпечує надійний захист від втручання або перешкод.

Ідея сонячних трекерів на основі прямого методу відслідковування Сонця полягає на використанні фоторезисторів або LDR (Light Dependent Resistors) – резисторів, опір яких зменшується із збільшенням інтенсивності світла.

Модуль датчика LDR складається з чотирьох світло залежних резисторів або елементів із сульфиду кадмію. Чотири LDR поділяються на верхній, нижній, лівий і правий. Вони розміщені на круглій пластині та розділені за допомогою перпендикулярних прямокутних пластикових листів.



Рисунок 2.6 - Модуль датчика LDR

Кожен LDR розміщено послідовно з резистором 1 кОм, а вимірювальний міст Уітстона — електрична схема для вимірювання опору, сформована за допомогою всіх чотирьох LDR. Якщо один з фоторезисторів отримує більшу інтенсивність світла, ніж інші, різниця напруги вузла буде отримана як аналоговий сигнал на каналі АЦП (аналого-цифровий перетворювач) Arduino. Контролер Arduino аналізує ці дані та генерує логічний сигнал, щоб привести в дію двигун, щоб перемістити трекер у положення, де пара фоторезисторів будуть однаково освітлюватись Сонцем.

Arduino запрограмований на генерацію логічного сигналу для азимуту, а також кутів висоти та обертання дві уна за годинниковою стрілкою або проти годинникової стрілки залежно від тіні на LDR через прямокутні пластикові листи. Для відстеження схід-захід порівнюються аналогові значення двох верхніх LDR і двох нижніх LDR, і якщо верхній набір LDR отримує більше світла, вертикальний сервопривід буде рухатися в цьому напрямку, а якщо нижні LDR отримують більше світла, сервопривід рухається в цьому напрямку. Для кутового відхилення сонячної панелі порівнюються аналогові значення двох лівих LDR і двох правих LDR. Якщо лівий набір LDR отримує більше світла, ніж правий, горизонтальний сервопривід рухатиметься в цьому напрямку, а якщо правий набір LDR отримує більше світла, сервопривід рухається в цьому напрямку. Якщо всі

чотири фоторезистори однаково освітлені сонцем, то аналогові сигнали напруги, отримані на каналі АЦП мікроконтролера, будуть мати однакові значення, і мікроконтролер не генеруватиме жодного логічного сигналу для приведення в дію двигунів.

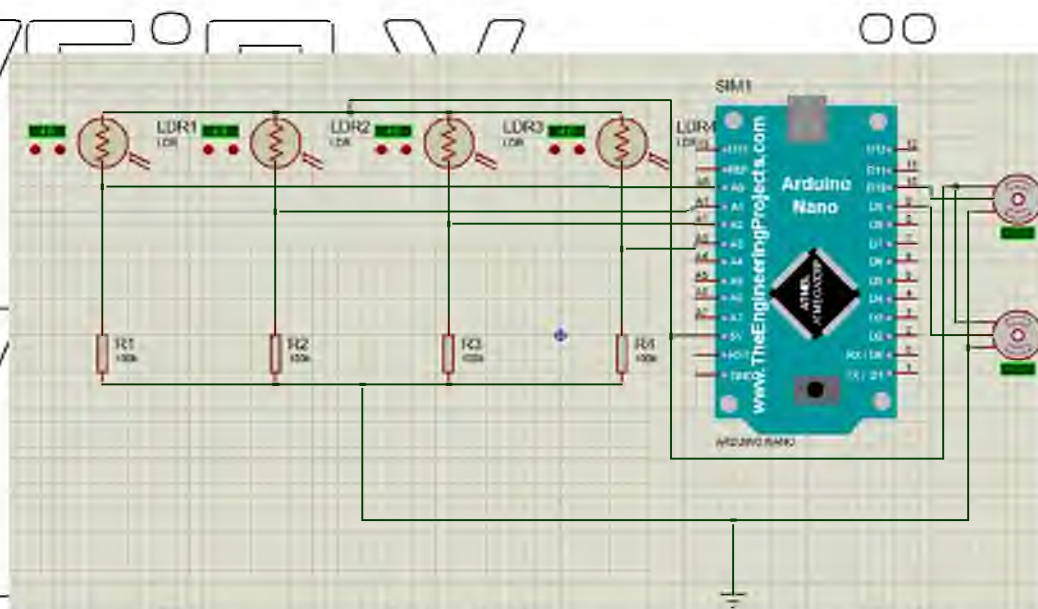


Рисунок 2.7 - Схема системи керування на основі фоторезисторів

На малюнку нижче продемонстрований один із варіантів сонячного трекера з прямою системою відстеження положення Сонця. Модуль датчика LDR прикріплений у площині, паралельній сонячному колектору. Для покриття електронної схеми управління використовується пластикова коробка. Для отримання необхідних рухів використовуються два двигуни постійного струму з коробкою передач. Алюмінієва конструкція також використовується для утримання сонячної панелі.



Рисунок 2.8 - Вигляд макету трекера із застосуванням фоторезисторів

2.2 Розбір елементної бази макету

У роботі [8] було розроблено макет сонячного трекера для дослідження.

Цей макет був розроблений для дослідження теми та проведення тестувань.

Він базувався на мікроконтролері Atmega328 що розміщений на платі для розробників Arduino Nano.

2.2.1 Мікроконтролер та плата для налагодження

Як написано у роботі Черноус О.Б. [8] «Arduino Nano входить в трійку найпопулярніших плат Ардуіно. Вона дозволяє створювати компактні пристрої, що використовують той же контролер, що і в Arduino Uno. Назва плати «Нано» говорить сама за себе – вона дійсно має невеликі розміри при тій же функціональності.

Nano – одна з найбільш мініатюрних плат Ардуіно. Вона є повним аналогом Arduino Uno – так само працює на чіпі ATmega328P (хоча можна ще зустріти варіанти з ATmega168), але з меншим форм-фактором. Через

своїх габаритних розмірів плата часто використовується в проектах, в яких важлива компактність. На платі відсутня винесене гніздо зовнішнього живлення, Ардуіно працює через USB (miniUSB або microUSB). В іншому параметри збігаються з моделлю Arduino Uno».

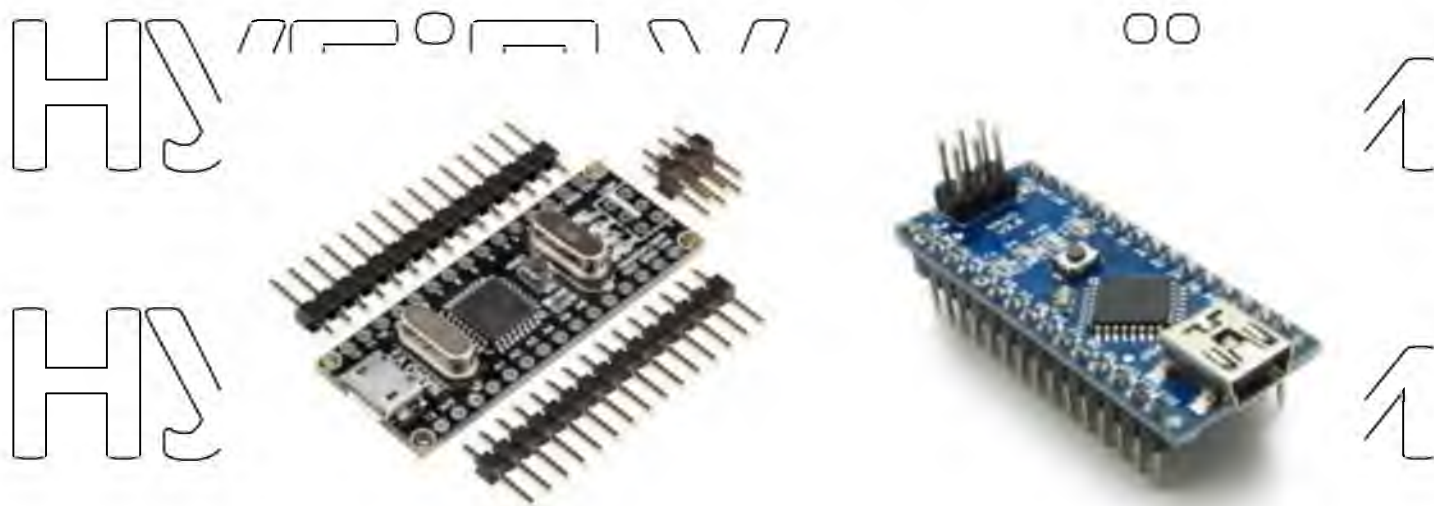


Рисунок 2.1 – Arduino Nano ATmega328P

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики Arduino Nano

Напруга живлення	5 В
Вхідне живлення	7-12 В (рекомендовано)
Кількість цифрових пінів	14 (6 із них можуть використовуватись як виходи ШІМ)
Кількість аналогових пінів	8
Flash-пам'ять	32 Кб.
ОЗУ	2 Кб.
EEPROM	1 Кб.
Частота	16 МГц.
Розміри	19 x 42 мм.
Вага	7 г.

НУБІП України

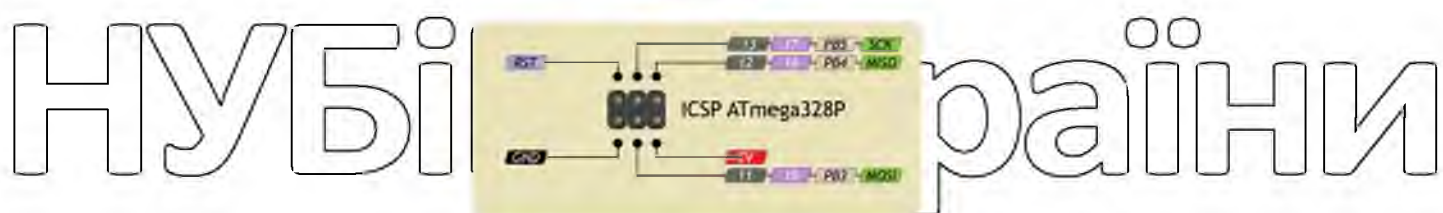
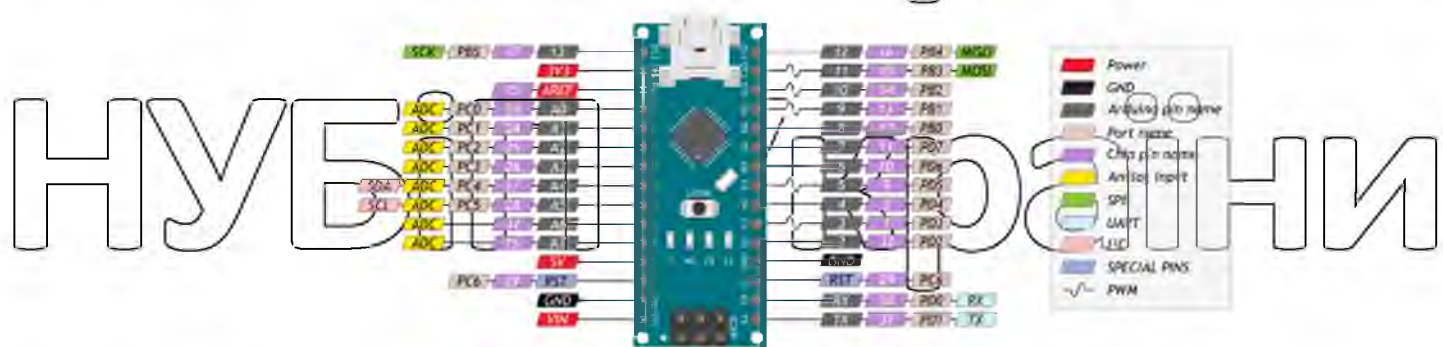


Рисунок 2.2 – Контакти плати Arduino Nano

НУБІП України

2.2.2 Макет

Вигляд макету сонячного трекеру та всі конструктивні рішення були спроектовані в 3D (Рисунок 2.9 - 3D модель сонячного трекеру) для того для передбачення усіх проблем які могли виникнути із самим конструкцією під час того збірки або експлуатації.



Рисунок 2.9 – 3D модель сонячного трекеру

Реальний вигляд макету трекеру зображений на рисунку нижче, також в цьому рисунку видно безпосередньо сам пристрій слідування за сонцем який у даному випадку працює у автономному режимі живлячись від вбудованого акумулятора (Рисунок 2.10).



Рисунок 2.10 - Макет сонячного трекеру

НУБІП України

3.1 Проектування принципової схеми

3.1.1 Мікроконтролер

За основу пристрою взято мікроконтролер «ATMega328PU»

Мікроконтролер ATMega328 є 8-ми розрядним CMOS мікроконтролером з низьким енергоспоживанням, заснованим на вдосконаленій AVR RISC архітектурі.

ATMega328 / P - мікроконтролер сімейства AVR, як і всі інші має 8-бітний процесор і дозволяє виконувати більшість команд за один такт.

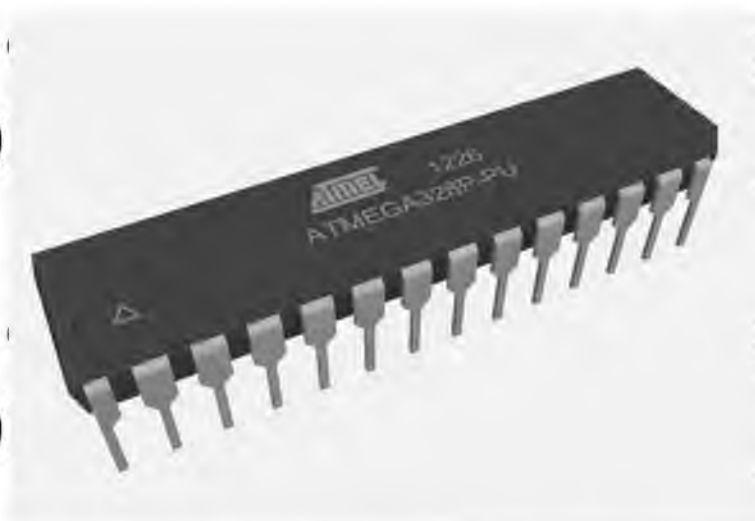


Рисунок 3.1 – ATMega328PU

3.1.1.1 Характеристики

Пам'ять:

- 32 кБ Flash (пам'ять для програм)
- 2 кБ ОЗУ
- 1 кБ EEPROM (постійна пам'ять даних)

Периферійні Пристрої:

- Два 8-бітних таймера / лічильника з модулів порівняння і ділення частоти
- 16-бітний таймер / лічильник з модулем порівняння і дільником частоти, а також з режимом запису

- Лічильник реального часу з окремим генератором
- Шість каналів PWM (аналог ЦАП)
- 6-канальний ЦАП з вбудованим датчиком температури
- Програмований послідовний порт USART
- Послідовний інтерфейс SPI

- інтерфейс I2C
- Програмований сторожовий таймер з окремим внутрішнім генератором
- Внутрішня схема порівняння напруги

- Блок обробки переривань і пробудження при зміні напруги на виводах мікроконтролера

3.1.1.2 Схема розташування виводів

Data Direction Register (DDR_x) – ці записи визначають, чи служать контакти цього порту входами чи виходами. Спочатку або після сигналу скидання всі біти в DDR є нульовими, що робить входи відповідних бітів порту вводу/виводу. Щоб використовувати біт порту введення-виводу як вихід, відповідний біт в DDR має бути встановлений на 1.

Регістр виводу порту (PORT_x) – коли біт введення/виводу встановлено як вихід, відповідний біт в регістрі PORT_x контролює статус виходу. Якщо біт один, вихідна лінія перейде на рівень 1, п'ять вольт. Якщо біт дорівнює нулю, вихідна лінія знизиться, або нуль вольт.

Коли біт введення-виводу налаштований як вхід, біти в регістрі PORT_x визначають, чи включений внутрішній підтягуючий резистор. Запис один до одного біта в регістр PORT_x вмикає відповідний підтягуючий резистор, а запис нуля вимикає його.

Регістр введення порту (PINx) – записи PINx є регістрами лише для читання і використовуються, коли $\text{pin} \leq \text{записом}$. Розрядне значення в регістрі вказує на логічний рівень на відповідному виводі. Якщо висновок знаходиться у високому стані, значення в регістрі дорівнює одиниці. Якщо контакт знаходиться в низькому стані, значення дорівнює нулю.

Суфікс «x» у DDRx, PORTx та PINx слід замінити портом, який фактично використовується для DDRB, DDRC та DDRD. Аналогічно PORTB, PORTC, PORTD для портів B, C і D відповідно.

Крім цифрового входу та виходу, PORTB можна використовувати з кількома функціональними можливостями, як ми бачимо в наступному рисунку.

Port Pin	Alternate Functions
PB7	XTAL2 (chip clock oscillator pin 2) TOSC2 (timer oscillator pin 2) PCINT7 (pin change interrupt 7)
PB6	XTAL1 (chip clock oscillator pin 1 or external clock input) TOSC1 (timer oscillator pin 1) PCINT6 (pin change interrupt 6)
PB5	SCK (SPI bus master clock input) PCINT5 (pin change interrupt 5)
PB4	MISO (SPI bus master input/slave output) PCINT4 (pin change interrupt 4)
PB3	MOSI (SPI bus master output/slave input) OC2A (Timer/Counter2 output compare match A output) PCINT3 (pin change interrupt 3)
PB2	SS (SPI bus master slave select) OC1B (Timer/Counter1 output compare match B output) PCINT2 (pin change interrupt 2)
PB1	OC1A (Timer/Counter1 output compare match A output) PCINT1 (pin change interrupt 1)
PB0	ICP1 (Timer/Counter1 input capture input) CLKO (divided system clock output) PCINT0 (pin change interrupt 0)

Рисунок 3.2 - Port B Pins

Використання цих інших функцій є більш складним і буде детально розглянуто в тексті. Наразі важливо знати, що у випадку плати Arduino UNO і подібних, базова прошивка системи вже програмує ATmega328 на використання зовнішнього кристала. Для цього він використовує контакти PB6 і PB7. Тому для загального використання ми можемо використовувати лише контакти PB0 до PB5. На платі Arduino UNO зв'язок між контактами PORTB і мітками на платі виглядає наступним чином.

Порт на Arduino	ATmega328 Pin
D8	PORTB,0
D9	PORTB,1
D10	PORTB,2
D11	PORTB,3
D12	PORTB,4
D13	PORTB,5

Рисунок 3.3 - Ілюстрація відповідності портів

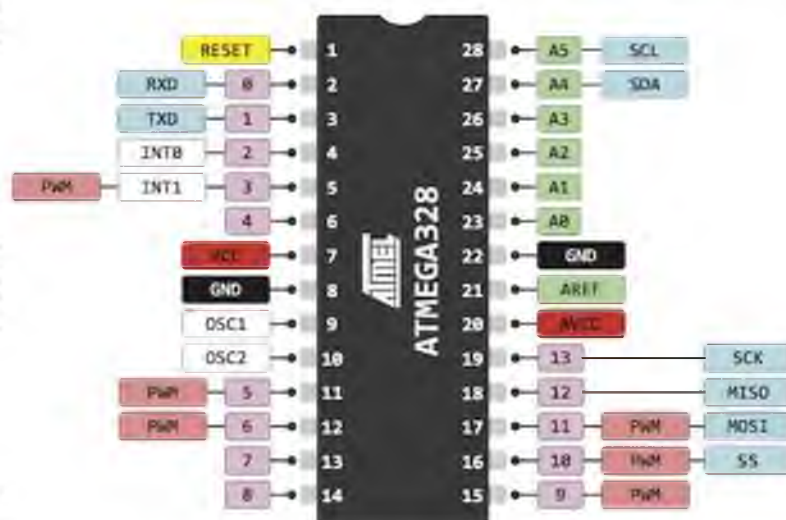


Рисунок 3.4 – Позначення входів/виходів мікроконтролера

3.1.1.3 Спеціальні функції

- Скидання при включенні живлення і програмне розпізнавання зниження напруги харчування
- Внутрішній тактовий генератор із калібрацією
- Обробка внутрішніх і зовнішніх переривань
- 6 режимів сну (знижене енергоспоживання і зниження шумів для більш точного перетворення АЦП)

3.1.1.4 Живлення

Напруга живлення подається на входи мікроконтролера VCC і GND (7 та 8 контакт мікроконтролера, (Рисунок 3.4 – Позначення входів/виходів мікроконтролера) і не повинна перевищувати значення, вказані в технічній документації. Для ATmega328P верхня межа рекомендованого напруги живлення становить 5,5В, абсолютний максимум - 6В, тривала робота при такій напрузі може вивести мікроконтролер з ладу.

Таблиця 3.1 – Напруга живлення мікроконтролера

Частота мікроконтролера МГц	Напруга живлення МК
До 4 МГц	1.8 – 5.5 В
До 10 МГц	2.7 – 5.5 В
До 20 МГц	4.6 – 5.5 В

Для зменшення високочастотних перепадів в ланцюзі живлення рекомендується встановлювати керамічний конденсатор ємністю 0.1мкФ між VCC і GND. При цьому розташовуватися він повинен якомога ближче до живильних виходів мікроконтролера для мінімізації паразитної індуктивності і опору підвідних провідників (Рисунок 3.5 – Рекомендована схема живлення мікроконтролера).

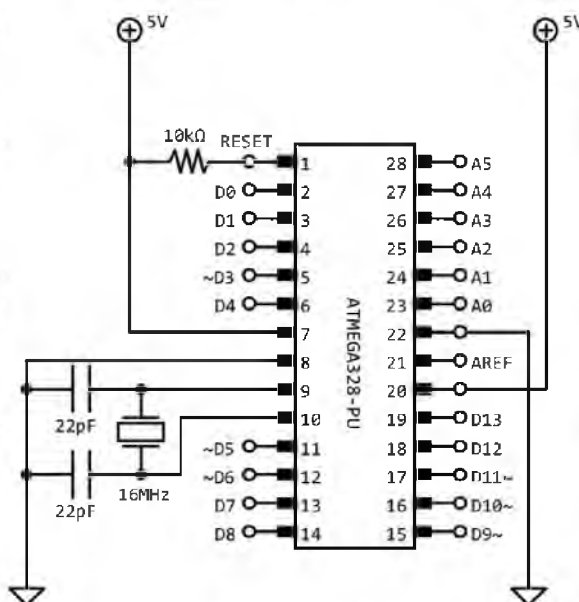


Рисунок 3.5 – Рекомендована схема живлення мікроконтролера

ATmega328P має подвійне живлення: контакти VCC і GND (контакти 7 і 8) використовується для живлення цифрових схем мікроконтролера. AVCC і GND (висновки 20 і 22 див. Рисунок 3.4 – Позначення входів/виходів мікроконтролера) - для живлення аналого-цифрового перетворювача. Навіть якщо ви не збираєтеся використовувати АЦП, до нього має бути підведено харчування: з'єднайте висновки VCC з AVCC, а цифрову землю з аналогової. Якщо ж ви плануєте використовувати АЦП, то в ланцюг харчування слід додати фільтр для зменшення перешкод. Так в документації рекомендується з'єднати AVCC із VCC через індуктивність 10мкГн і з GND через конденсатор 0.1мкФ. Однак дана рекомендація не виконується навіть в платах Ардуіно і вихід AVCC на них просто з'єднаний з VCC.

Контакт «Reset» використовується для генерації сигналу скидання мікроконтролера. Під час скидання все регістри вводу-виводу приймають свої початкові значення і виконується команда, розташована в векторі скидання (за нульовим адресом). Як правило, це перехід на адресу початку

програми. Але, якщо для користувача програма не використовує переривання, то вона може розташовуватися відразу з нульового адреси.

3.1.1.5 Схема початкового скидання

Обв'язка для попередніх моделей мікроконтролерів обов'язково включала в себе схему початкового скидання, яка забезпечувала поступове наростання сигналу на вході Reset при включенні живлення і складається із

резистора та конденсатора. Таким чином здійснювався початковий скидання мікроконтролера. Зараз же схема початкового скидання (Power-on-Reset) присутній, мабуть, в кожному сучасному мікроконтролері.

Номінали резистора і конденсатора можуть відрізнитися від наведених на схемі значень і залежать від необхідної тривалості імпульсу скидання.

На вході Reset повинен бути стабілізований високий логічний сигнал для того, щоб не запобігти випадковому скиданню мікроконтролера.

Мова йдеться про проблеми, що виникають, коли цифровий вхід не підключений ні до живлення, ні до землі: електромагнітні наведення стають причиною зміни рівня сигналу на цьому вході. При його опитуванні мікроконтролер буде випадковим чином фіксувати то високий, то низький рівень сигналу. Так званий «Брязкіт контактів» — небажане замикання й розмикання контактів в момент комутації, що виникає в електричних і електронних перемикачах і яке не передбачене заданою дією пристрою. У випадку зі входом Reset це призведе до випадкового скидання. Дана проблема вирішується додаванням в схему підтягуючого резистора, який гарантує сигнал потрібного рівня на вході Reset (у випадку з AVR - високого рівня) (Рисунок 3.6 – Схема підключення кнопки скидання «Reset»).

У ATmega328P є власний вбудований підтягуючий резистор на вході «Reset» номіналом 30-60кОм для вирішення цих проблем (конкретне значення з зазначеного діапазону встановлюється на заводі-виробнику при

калібрування). У залежності від конкретної ситуації і умов, в яких буде працювати мікроконтролер можна добавляти або не добавляти додатковий підтягуючий резистор. Для аматорських, «побутових» проєктів, можливо, буде достатньо вбудованого резистора. А з іншої сторони для пристроїв, призначених які будуть застосовуватись в роботі в промисловості, в несприятливих умовах номінал вбудованого резистора може виявитися недостатнім. Це, що називається, слабка підтяжка, в таких випадках цифровий вхід підтягують зовнішнім резистором номіналом в кілька кОм.

Найчастіше одного тільки підтягуючого резистора виявляється недостатньо і для додаткового захисту від шуму в схему додається конденсатор. Вхід Reset AVR мікроконтролерів має власний фільтр нижніх частот. Зовнішній конденсатор, встановлений між висновком Reset і землею, є додатковим захистом. Однак, його не можна додавати в схему, якщо передбачається внутрішнє осхемне програмування за допомогою PDI або DebugWIRE.

На відміну від виходів загального призначення, що мають захисні діоди і до землі, і до живлення, для входу Reset передбачений єдиний діод - на землю. Це пояснюється тим, що Reset використовується для високочастотного програмування, коли на нього подається сигнал 12В. Тому мікроконтролер повинен працювати в умовах перешкод від електростатичних розрядів (в англійській технічній документації використовується термін ESD - Electrostatic Discharge) і якщо такий програматор використовуватись не буде, можна додати в схему зовнішній діод між виходом Reset і лінією живлення.

З урахуванням усього сказаного рекомендована схема обв'язки виведення Reset виглядає наступним чином:

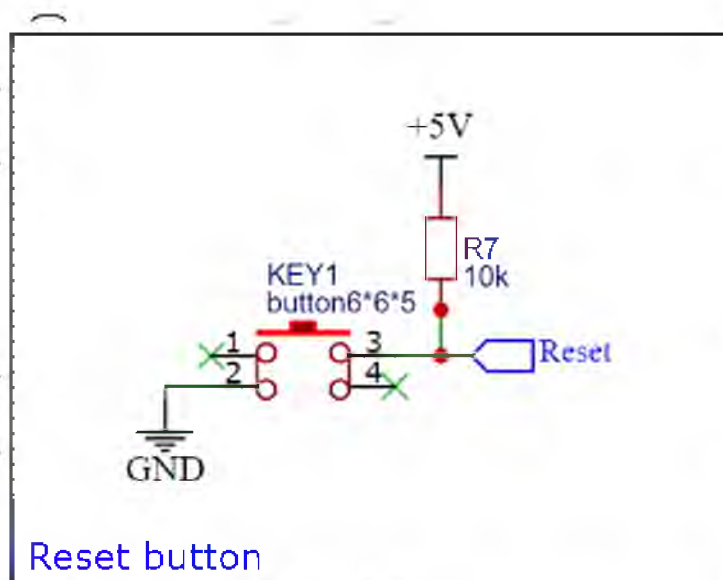


Рисунок 3.6 – Схема підключення кнопки скидання «Reset»

Ну і врешті-решт можна обійтися зовсім без зовнішніх компонентів, якщо просто з'єднати Reset з лінією живлення. Правда в цьому випадку вже немає можливості додати кнопку скидання і втратите можливість внутрішньосхемного програмування.

Згідно документації на мікроконтролер «Atmega328P» розроблена принципова схема показана на Рисунок 3.7.

На контакти 27 та 28 (SDA та SCL) мікроконтролера підключений пристрій RTC.

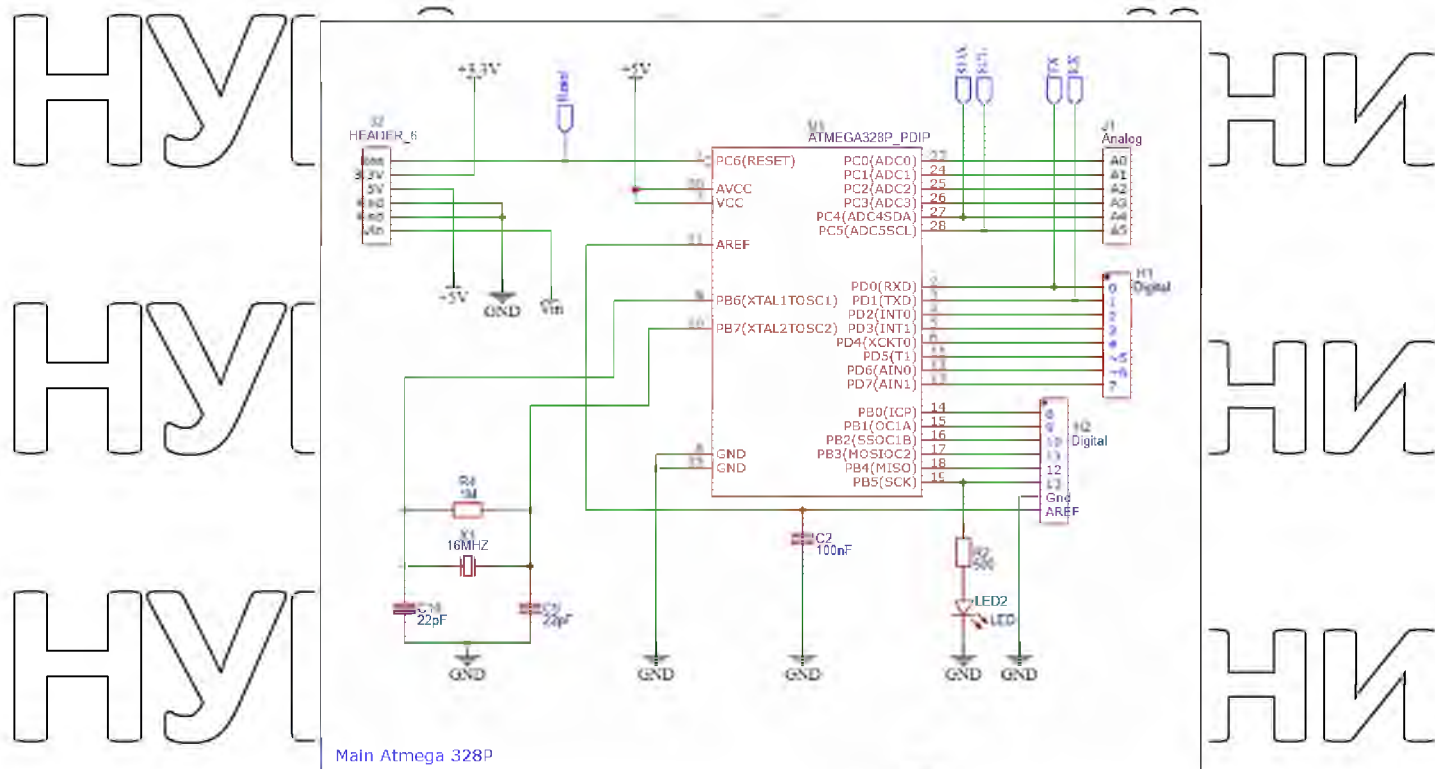


Рисунок 3.7 – Принципова схема підключення мікроконтролера

3.1.2 USB-UART

3.1.2.1 Огляд варіантів

Стандартним інтерфейсом мікроконтролера ATmega328P є UART, а у сучасних комп'ютерів використовується USB. Чіп USB-UART CH340G служить мостом між мікро контролером і USB-портом комп'ютера, який дозволяє завантажувати прошивку в плату, а також передавати між собою дані. Для вирішення такої задачі можна користуватись зовнішніми програматорами такими як FT232RL. (Рисунок 3.8) [9]

НУБІІ

аїни

НУБІІ

аїни



Рисунок 3.8 – FT232RL USB-UART

НУБІП України

Мікросхема FT232RL дозволяє здійснити логічний обмін даними між зовнішнім пристроєм на мікроконтролері і комп'ютером через шину USB, використовуючи мінімум зовнішніх компонентів (буде потрібно роз'єм USB і пасивні компоненти). На кристал FT232R об'єднані тактовий генератор, незалежна пам'ять EEPROM, частина зовнішніх пасивних компонентів. Мікросхема може працювати в режимі послідовного обміну і в режимі Bit-bang.

НУБІП України

НУБІП України

3.1.2.2. Мікросхема CH340G

Так як пристрій який розробляється запланований бути універсальним, та зручним для використання, прийнято рішення реалізувати інтерфейс для програмування прямо на платі, так як це реалізовано у платах для розробників «Arduino» та інших. [10]

НУБІП України

У цьому випадку було вибрано в якості USB-UART перетворювача мікросхему CH340G

НУБІП України



Рисунок 3.9 – Мікросхема CH340G

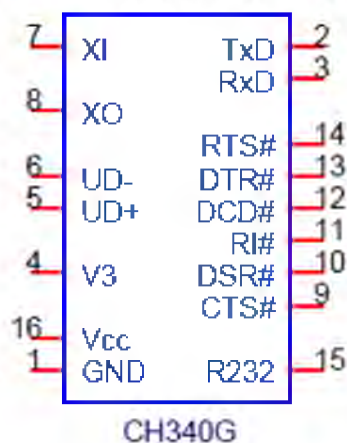


Рисунок 3.10 – Позначення входів/виходів мікросхеми CH340G

Таблиця 3.1 – Роз'яснення входів/виходів CH340G

Номер	Назва	Тип	Опис
19	VCC	Живлення	Ця на икий подається живлення ± 5 В, вимагає зовнішнього конденсатору ємністю 0.1 мкФ
8	GND	Живлення	Заземлення, заземлення USB

Продовження таблиці 3.2

5	V _{CC}	Живлення	Підключає VCC до входу зовнішнього живлення при напрузі 3.3В, потребує розв'язки конденсатором ємністю 0,01 мкФ при 5В.
9	XI	Вхід	Вхід для кварцового генератора
10	XO	Вихід	Протидежний контакт кварцового генератора
6	UD+	USB сигнал	Підключення кабелю даних D+ шини USB
7	UD-	USB сигнал	Підключення кабелю даних D- шини USB
20	NOS#	Вхід	Заборона призупинення роботи USB-пристрою, активний з низьким логічним сигналом.
3	TXD	Вихід	Послідовний вихід даних
4	RXD	Вхід	Послідовне введення даних
11	CTS#	Вхід	Вхідний сигнал зв'язку «MODEM», передача даних коли сигнал низький
12	DSR#	Вхід	Вхідний сигнал зв'язку «MODEM», коли низький сигнал, пристрій готовий до передачі даних
13	RI#	Вхід	Вхідний сигнал зв'язку «MODEM», коли вальне кільце

3.1.3 RTC – Годинник реального часу

Для коректної роботи алгоритму враховування позиції сонця на небосхилі, а саме кут та азимут, потрібно знати точний час та часовий пояс в якому знаходиться трекер, та система. Так як алгоритм опирається на географічні координати які внесені у систему користувачем, час також потрібно занести в систему вручну. Часовий пояс буде визначено автоматично виходячи із координат які були введені до того, або автоматично визначиться при зміні координат.

Для того щоб запобігти скиданні часу в системі, адже це один із двох самих важливих змінних в алгоритмі відстеження сонця було прийнято рішення використовувати так званий «Годинник реального часу» (RTC з англ.). Цей пристрій дозволяє зберігати поточний час автономно і незалежно від зовнішнього живлення пристрою.

Було обрано DS3231 – це мікросхема яка включає в себе високочастотний кварцовий резонатор. Для обміну інформацією із іншими пристроями передбачено інтерфейс «I2C»

Оскільки годинник реального часу буде працювати в різних температурних умовах, включаючи досить високі температури, DS3231 був обраний через впровадження термокомпенсуючого кварцового резонатора для підтримки стабільності температури. DS3231 – це високоточний модуль годин реального часу (RTC) з вбудованим інтерфейсом I2C і кварцовим резонатором.

Годинник має вхід для підключення резервного автономного джерела живлення, що дозволяє вимірювати температуру і забезпечувати стабільну роботу при відсутності основного джерела живлення [11]. Принципова схема даного пристрою представлено на Рисунок 3.11 – Принципова схема годинника реального часу DS3231

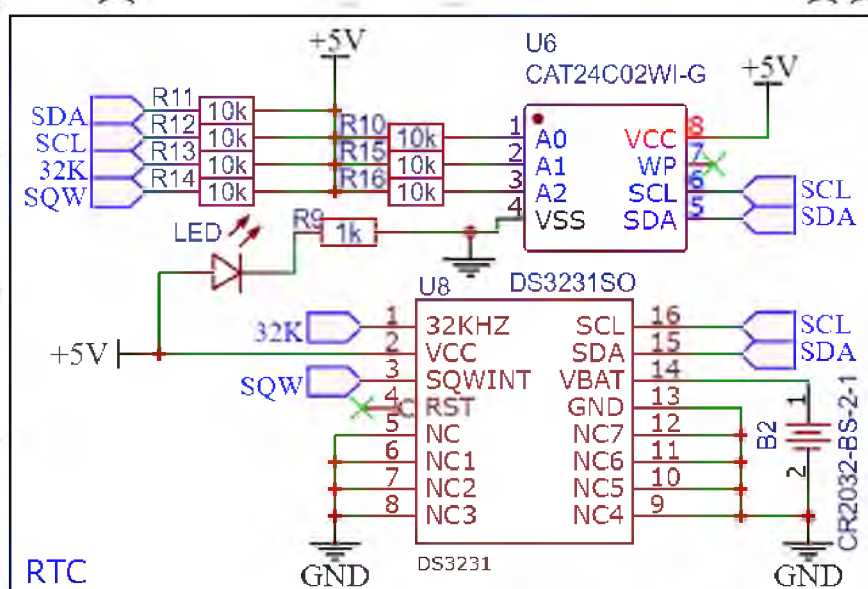


Рисунок 3.11 – Принципова схема годинника реального часу DS3231

Як зазначено у [11] «Пристрій містить акумуляторний вхід і підтримує його точний хронометраж, коли основна потужність пристрою переривається. Інтеграція кристала резонатора підвищує довгострокову точність пристрою та зменшує кількість деталей у виробничій лінії. DS3231 доступний у комерційному та промисловому виробництві. DS3231 підтримує формат інформації про секунди, хвилини, години, день, дату, місяць і рік. Дата наприкінці місяця автоматично коригується на місяць з меншим, ніж 31 день, включаючи виправлення для високосного року. Адреса і дані передаються послідовно через двонаправлену шину I2C. Точна температура компенсації напруги та компараторний монітор контролює стан VCC для виявлення відмов потужності, щоб забезпечити скидання вихідного сигналу, і автоматично перейти до резервного джерела живлення, коли це необхідно.»

Основні можливості DS3231:

- висока точність з термокомпенсацією і корекцією ходу;
- точність ± 2 ppm в діапазоні температур від $+40$ °C до $+85$ °C;
- точність ± 3 °C цифрового виходу датчика температури;
- два будильники часу;

– корекція точності ходу;
 – режим швидкої роботи інтерфейсу I²C (400 кГц);
 – робоча напруга живлення від 2,3 В до 5,5 В;

– Діапазон робочих температур: комерційний (від 0 °С до +70 °С),

промисловий (від –40 °С до +85 °С);

– габаритні розміри: 38x22x14 мм;

вага модуля годинника – 8 г.

3.1.4 Схема живлення плати

Напруга від USB надходить безпосередньо на плату не через стабілізатор, так як в USB стабільна напруга 5 вольт, яка нам

підходить. Напруга в двох інших випадках проходить через стабілізатор

NCP1117ST50T3G який видає на виході 5 вольт. Перед стабілізатором у

схемі передбачений діод D1(M7) він захищає від неправильної

полярності. Контакт «Vin» також потрапляє на стабілізатор. Конструкція

мікросхем серій AMS, IL A аналог К ЄП є стабілізаторами напруги з

полюсами позитивного значення з малою напругою насичення, що

виготовляються в корпусах. Виконуються на стандартні напруги 1,2–5,0 В

Струм виходу мікросхем до 1 ампера, максимальна потужність розсіювання

0,8 Вт для мікросхем, виготовлених в корпусі. У мікросхеми вмонтовано

систему захисту з нагрівання та потужності розсіювання.

Вбудована захисна система від перегрівання знижує напругу виходу та

струму, не даючи підвищитися температури мікросхеми більше

градусів. Система захисту від температури не може замінити

тепловідведення. Замість нього можна застосувати мідну смужку, маленьку

мідну пластинку з латуні, кераміку, яка проводить тепло.

Мікросхема фіксується до тепловідвідного радіатора за допомогою

паяння теплопровідного радіатора, або приклеюється корпусом за

допомогою теплопровідного клею. Використання мікросхем таких марок дає можливість збільшити стабільність напруги виходу, малі коефіцієнти струмової нестійкості напруги менше 10 мВ, підвищений ККД, що дає можливість зменшення напруги входу живлення приладу.

Мікросхеми марки працюють у комп'ютерній техніці: у комплекті схем, системних блоків, тонерів, різних контролерах. Вхідне значення напруги стабілізатора визначено в межах 12 вольт. Цей пристрій, що стабілізує, ідеально поєднується з живленням різних мобільних гаджетів з окремим живленням величиною в 3 вольти. На ньому можна виконати маленький блок живлення, і застосувати його як пристрій стабілізації, що підключається до адаптерів - звичайним трансформаторним і новим імпульсним, використовуваним як зарядні пристрої смартфонів.

Діод «D1» служить захисту стабілізатора від помилкового підключення приладу (переполесування). Конденсатори служать для придушення сильних перепадів у мережі. Якщо вам необхідний стабілізатор, що має значну величину потужності, то схему з'єднань треба злегка зробити складніше шляхом додавання в схему транзистора і опору. Транзистор марки КТ у пластиковій оболонці має можливість розсіювати потужність 1 ват, у корпусі з металу – потужність до 3 ват.

Якщо потрібна велика потужність, значить, транзистор потрібно підключити на тепловідвідний радіатор. Оптимальним рішенням буде встановлення мікросхеми разом із транзистором на загальний тепловідвідний радіатор, максимально поряд один корпус з іншим. Так як, при такому підключенні захист мікросхеми від надмірного навантаження не буде діяти, щоб занадто не робити складною схему пристрою, підключати стабілізатор краще по запобіжнику, що самовідновлюється.

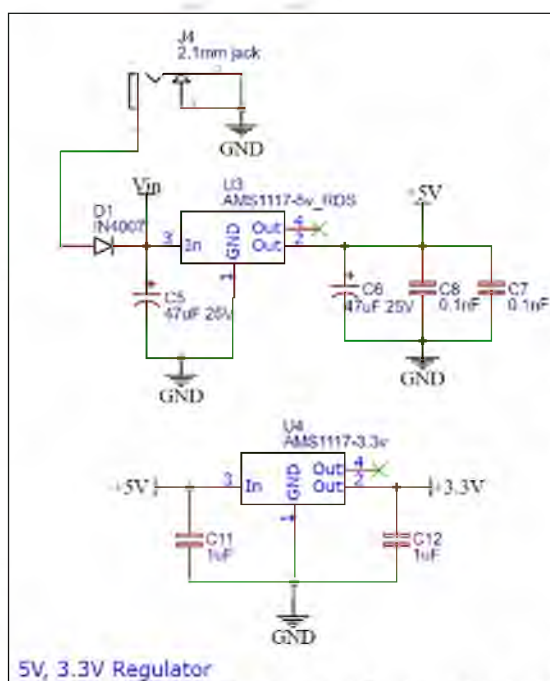


Рисунок 3.12 – Схема живлення плати

3.1.5 ESP8266

Для забезпечення віддаленого керування та синхронізації системи передбачено зв'язок по Wi-Fi. Налаштування системи відбувається через веб інтерфейс який розміщено в пам'яті мікроконтролера ESP8266, або через HTTP GET запити. Також у системи при наявності підключення до мережі інтернет передбачена можливість автоматичної синхронізації часу та часового поясу із спеціальних сервісів.

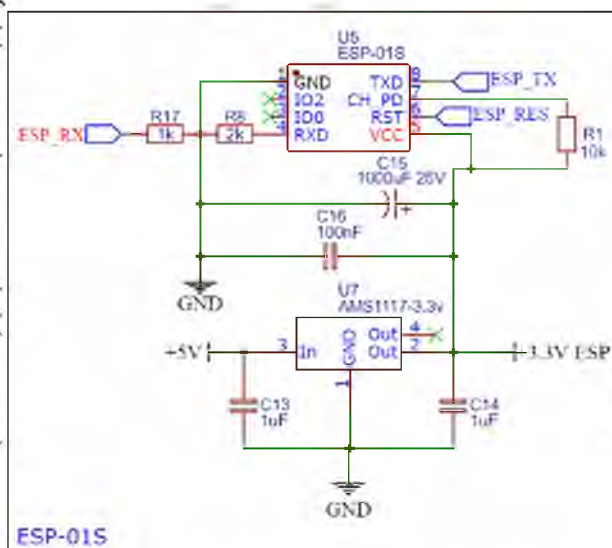


Рисунок 3.13 – Принципова схема підключення ESP8266

По суті, чіп ESP8266 є мініатюрним мікроконтролером з Wi-Fi передавачем, який може функціонувати в умовах повної автономії, без додаткової плати Arduino. За допомогою модуля ESP-01 можна передавати дані про температуру, вологість, включати реле і так далі. Для зручності використання чіпу ESP8266, виробник виготовив серію модулів від ESP-01 до ESP-14 [12].

У цьому проєкті використовується модуль ESP-01 (існує ще ESP-01S, про нього трохи пізніше), що є одним з відомих, через свою ціну і невеликі розміри, всього 14,3 мм на 24,8 мм. Але в ньому є два недоліки, це обмежена кількість програмованих висновків GPIO та їх незручне розташування (незручно макетувати). Модуль ESP-01 є невеликою платою, чорного кольору, на якій розташовані два основних чіпи, це мікроконтролер ESP8266 і flash пам'ять на 1Мб. Поруч розташований кварцитовий резонатор та надрукована антена. На платі встановлено два світлодіоди, червоний та блакитний. Червоний світлодіод, світиться, коли на модулі є живлення, а синій блимає при виконанні команд (в ESP-01S видалений червоний світлодіод, через постійне споживання електроенергії). Для

підключення модуля ESP-01 передбачено вісім висновків (два ряди по чотири виходи, кроком 2,54 мм), два з готових є цифровим входами-виходом, що підтримують широку імпульсну модуляцію. Хоча модуль має

два виводи GPIO за замовчуванням, можна використовувати інші доступні контакти, якщо у вас є необхідний інструмент для паяння. Світиться коли на модуль є живлення, а синій блимає при виконанні команд (в NSP-01S видалено червоний світлодіод, через постійне споживання електроенергії).

Одна з найважливіших функцій, яку забезпечує ESP8266, полягає в тому, що він може не тільки підключатися до існуючої Wi-Fi мережі та працювати як веб-сервер, але він також може встановлювати власну мережу, дозволяючи іншим пристроям підключатися безпосередньо до нього та отримувати доступ до веб-сторінок. Це можливо, тому що ESP8266 може працювати в трьох різних режимах: режим станції, режим точки доступу та обидва перші режими одночасно. Це забезпечує можливість побудови пористих мереж.

ESP8266, який підключається до існуючої мережі Wi-Fi (створеної бездротовим маршрутизатором), називається станцією (Station, STA) [13].

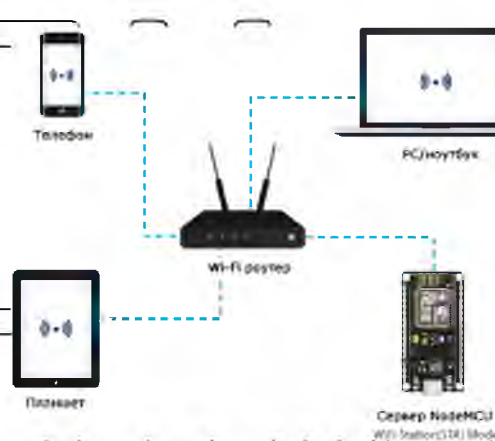


Рисунок 3.14 – Демонстрація режиму Station ESP8266 NodeMCU

У режимі STA ESP8266 отримує IP-адресу від бездротового маршрутизатора, до якого підключено. З цією IP-адресою він може налаштувати веб-сервер і видавати веб-сторінки на всі підключені до

існуючої Wi-Fi мережі пристроєм ESP8266, який створює свою власну мережу Wi-Fi і діє як концентратор (так само як маршрутизатор Wi-Fi) для однієї або декількох станцій, називається точкою доступу (Access Point, AP). На відміну від Wi-Fi роутера, він не має інтерфейсу до дротової мережі.

Такий режим роботи називається Soft Access Point (soft-AP). Максимальна кількість станцій, які можуть підключитися до нього, обмежена п'ятьма [13].

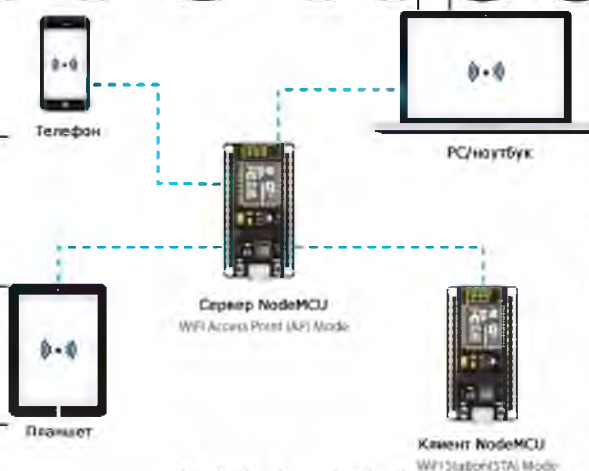


Рисунок 3.15 – Демонстрація режиму Soft Access Point ESP8266 NodeMCU

У режимі AP ESP8266 створює нову мережу Wi-Fi і встановлює для неї SSID (ім'я мережі) і надає IP адресу. За запитом на цю IP-адресу він може видавати веб-сторінки всім підключеним до цієї мережі пристроям [13].

3.2 Середовище розробки

За основу розробки друкованої плати було взяту схему підключення пристроїв із попередньої дипломної роботи [8]. Розведення друкованої плати виконується у сервісі «EasyEDA».

EasyEDA це набір веб-інструментів, який дозволяє інженерам-апаратникам проектувати, моделювати, ділитися - публічно та приватно - та обговорювати схеми моделювання та друковані плати. Інші функції включають створення конспекту матеріалів, файлів Gerber та вибору та

розміщення файлів та документальних матеріалів у форматах PDF, PNG та SVG.

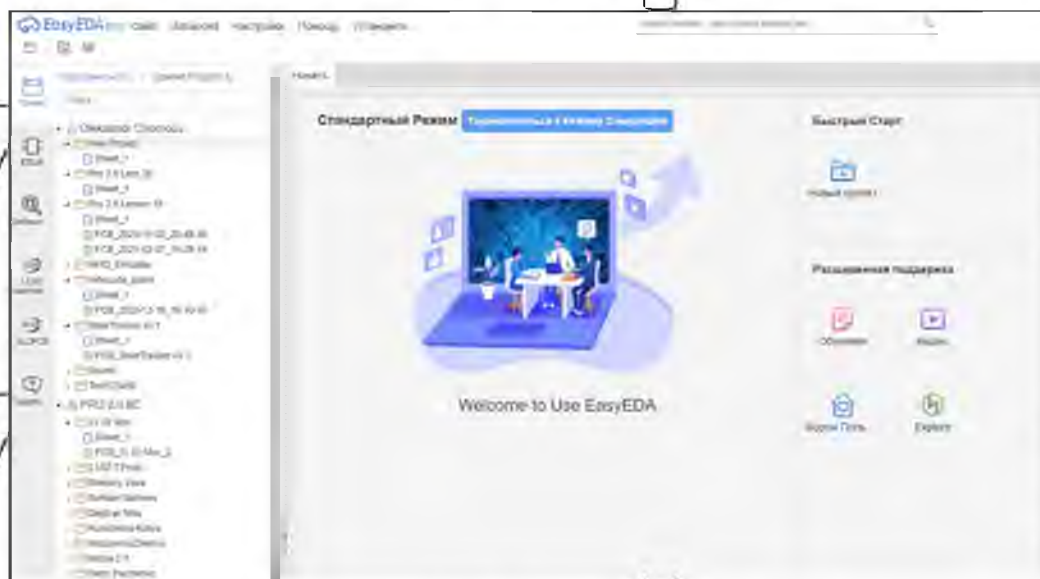


Рисунок 3.16 – Интерфейс EasyEDA

EasyEDA дозволяє створювати та редагувати принципові схеми, моделювати SPICE-змішаних аналогових та цифрових схем, створювати та редагувати схеми друкованих плат та, за бажанням, виготовляти друковані плати.

В основі EasyEDA лежить хмарний сервіс, який виробляє все обчислювальні операції за рахунок потужних комп'ютерів розташованих в Китаї. Таким чином, швидкість виконання завдань залежить не від характеристик вашого комп'ютера, а тільки від швидкості інтернет-з'єднання. Також сервіс має десктопний клієнт, який трохи спрощує і прискорює роботу, але всі операції так само виконуються через хмару.

EasyEDA надає широкий спектр можливостей, наприклад: редактор схем електричних принципових, редактор друкованих плат, Автотрасування друкованих плат, перегляд друкованої плати в 3D, створення файлів для виробництва (Gerber) друкованої плати, можливість

моделювання схем електричних принципів, експорт в BOM (така своєрідна специфікація) і багато іншого.

Інструменти для друкованих плат надають багато функцій для виконання ваших вимог до дизайну друкованих плат.

Такі як: доріжка, панель, проміжок, текст, дуга, коло, переміщення, отвір, зображення, початок полотна, підключення панелі до майданчика, мідна область, суцільна область, вимірювання/розмір, пряма група/розгруповування. Тощо

PCB Tools



Рисунок 3.17 - Інструменти для друкованих плат

EasyEDA забезпечує функцію DRC (Перевірка правил проектування) в режимі реального часу. Це велика особливість EasyEDA. Важко виправити помилки DRC після розкладки друкованої плати. Тепер EasyEDA повідомить вам про помилку маршрутизації.

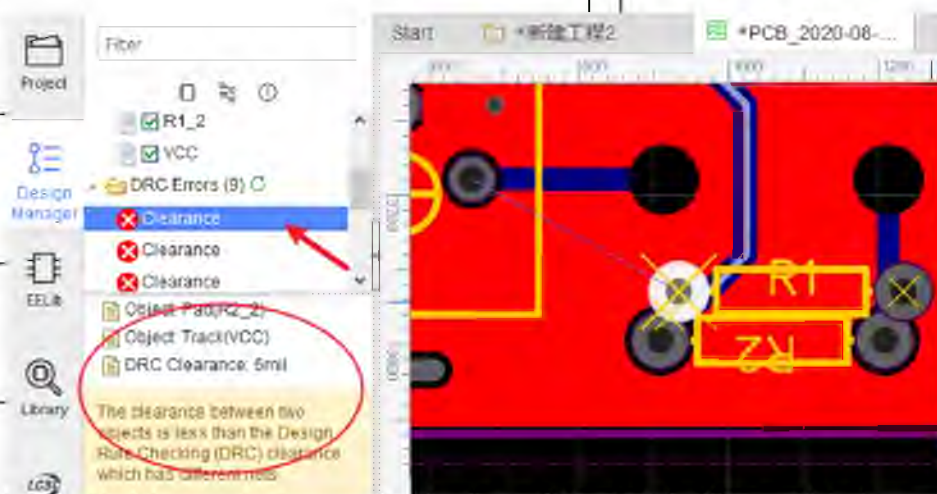


Рисунок 3.18 - Помилки проектування

EasyEDA підтримує імпорт 3D-моделей, PCB може переглядати круті 3D-моделі під час попереднього перегляду 3D. Експорт файлів 3D-моделі PCB поки що не підтримується.

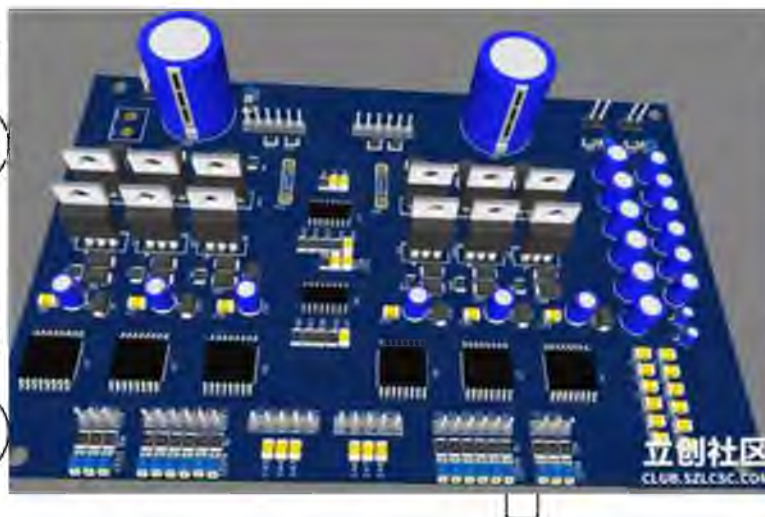


Рисунок 3.19 - 3D модель плати

3.3 Розведення друкованої плати

У системі EasyEDA існує зручний інтерфейс проектування друкованої плати.

Декілька способів розведення доріжок:

- Ручний.
- Автоматичний в хмарному сервісі.
- Автоматичний за допомоги обчислювальної потужності власного комп'ютера.

Перший спосіб виявиться дуже клопітким та затратним по часу заняттям, коли потрібно услідкувати за усіма правилами розведення друкованих плат. З іншої сторони у нас доступний автоматичний спосіб розведення доріжок який можемо зробити це за лічені секунди.

Для цього потрібно вибрати між варіантом хмарного обчислення, або завантажити спеціальне програмне забезпечення на ваш комп'ютер, та зробити всі обчислення на власному комп'ютері (Рисунок 3.20).

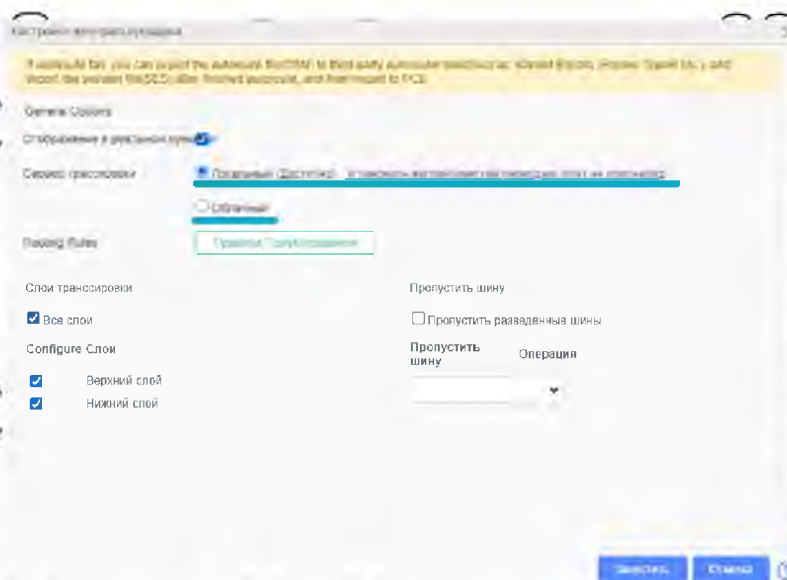


Рисунок 3.20 - Способи автоматичного розведення

Такий метод являється найбільш швидшим та правильним, адже спосіб із використанням хмарних обчислень не завжди доступний через навантаження. Сприходиться довго чекати своєї черги на обчислення (Рисунок 3.21).



Рисунок 3.21 - Автоматичне розведення доріжок

У результаті розведення доріжок отримано наступний результат, габарити плати вийшли 75мм в ширину та 100мм в висоту

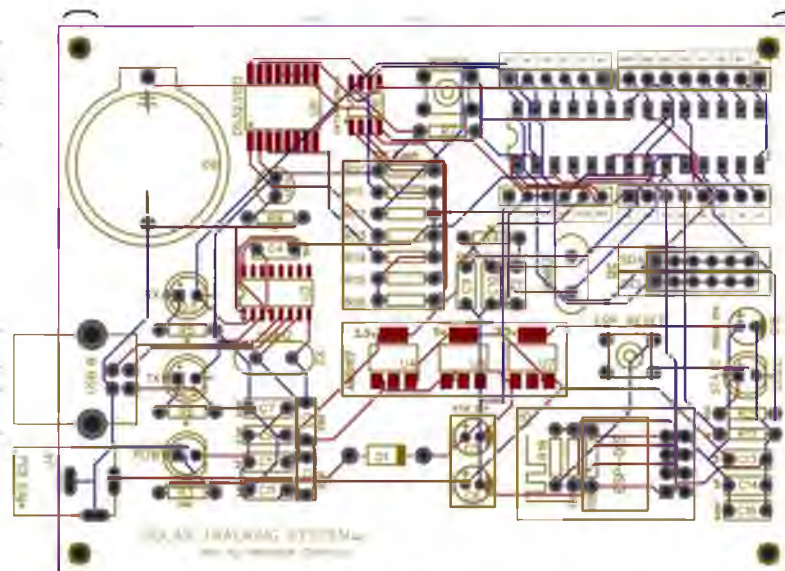


Рисунок 3.22 - Схема друкованої плати пристрою

Методами сервісу EasyEda підібрано усі елементи у 3D приблизно схожі до тих що будуть використовуватись у платі при реалізації коли буде все буде заповню на схему (Рисунок 3.23).

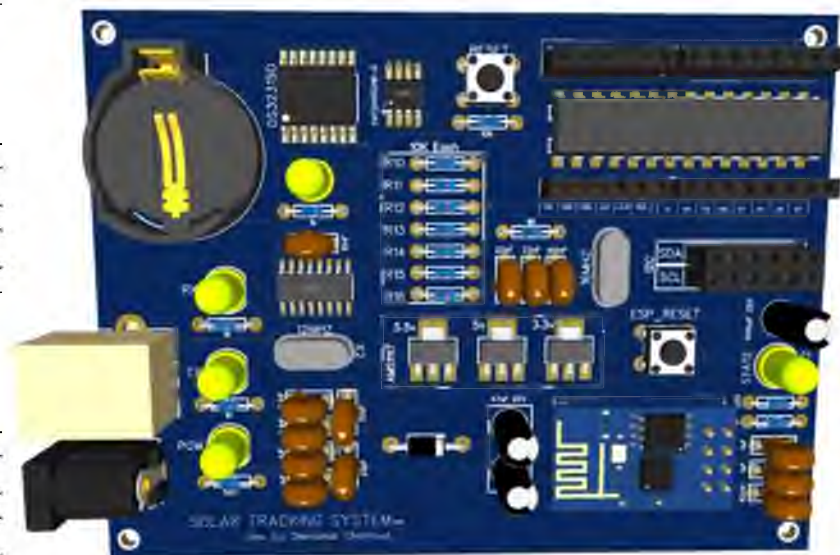


Рисунок 3.23 - 3D модель друкованої плати пристрою

ВИСНОВОК

У цій роботі, враховуючи потреби потенційних користувачів, розроблено систему управління сонячними панелями. Під час виконання даної дипломної програми було систематизовано знання та розширено навички для вирішення проблем, що виникають при виконанні професійних

завдань. У роботі велика увага приділяється розробці принципових схем і функціонального компоновання випробувального обладнання.

У теоретичній частині дипломного проекту зібрано інформацію про поточний стан альтернативних джерел енергії, фотоелектричних панелей, сонячних трекерів та принципів їх роботи, а також розглянуто існуючі рішення для керування сонячними трекерами.

Практична частина розповідає про роботу над проектуванням та розробкою системи, відображає головні особливості пристрою, елементну базу друкованої плати, методи проектування друкованих плат.

Після виконання роботи система повністю готова для реалізації, також можна зазначити що існує можливість вдосконалення розробки.

Загалом при досягненні мети роботи було здійснено наступне:

розвинуті навички самостійної роботи, закріплені та поглиблені теоретичні та практичні знання в досліджуваній сфері;

набуті вміння систематизувати та аналізувати літературу з питань, що вивчаються;

засвоєно методи формування завдань та вибору підходів щодо їх вирішення і шляхів реалізації;

розвинуто навички самостійної роботи і вивчено методи дослідження та експерименту, що пов'язані з темою дипломної роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

НУБІП України

1. Черноус О.Б. XI International scientific conference of young scientists // АКТУАЛЬНІСТЬ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ. Київ. 2020. pp. 138-139.

НУБІП України

2. Эффективность солнечных панелей [Электронный ресурс] URL: <https://axiomplus.com.ua/news/effektivnost-solnechnyh-panelej/>

НУБІП України

3. Hossein Solar energy collector orientation and tracking mode Sol. Energy. 1978. 7-11 pp.

4. Эффективность трекеров для солнечных панелей [Электронный ресурс] // Status QUO: [сайт]. URL: https://www.sq.com.ua/rus/news/novosti_partnerov/21.07.2017/kupit_trekery_dlya_solnechnyh-panelej_batarey_v_ukraine/

НУБІП України

5. Solar Tracking Structure Design [Электронный ресурс] URL: https://www.cefn.s.nau.edu/capstone/projects/ME/2014/SolarTracking-B/Downloads/Team_18_ConceptReport.pdf

НУБІП України

6. Двухосевой солнечный трекер на Arduino [Электронный ресурс] // Habr: [сайт]. [2016]. URL: <https://habr.com/ru/post/357900/> (дата обращения: 10.05.2020).

НУБІП України

7. SOLARSAN-GPS V17 (WiFi/MQTT) [Электронный ресурс] URL: <https://community.alexgyver.ru/attachments/solarsan-18-pdf.627/>

НУБІП України

8. Черноус О.Б. Розробка мікропроцесорної системи керування фотоелектричними. Київ. 2020. Дипломний проєкт.

9. Arduino USB UART чипы и драйвера CH340, CH340G, FTDI // Arduino Master. URL: <https://arduinomaster.ru/platy-arduino/arduino-usb-uart-chipy-i-drajvera-ch340-ch340g-ftdi/>

10. USB to serial chip CH340 // sparkfun. URL: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Dev/Arduino/Other/CH340DS1.PDF>

11. DS3231 // Maximintegrated. URL: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS3231.pdf>

12. ESP-01 WiFi Module // Microchip. URL: <https://www.microchip.ua/wireless/esp01.pdf>

13. Создание простого веб-сервера на ESP8266 NodeMCU в Arduino IDE // RadioProg. 2020. URL: <https://radioprogram.ru/post/866>

14. Плата Arduino Nano v 3.0 : распиновка, схемы, драйвер [Электронный ресурс] // ArduinoMaster: [сайт]. [2018]. URL: <https://arduinomaster.ru/platy-arduino/plata-arduino-nano/>

15. Шигорін П.П. Практикум з астрономії // Навчальний посібник, 2016.

16. Системы координат в астрономії [Электронный ресурс] // GeoGuide: [сайт]. URL: <http://www.geoguide.com.ua/survey/survey.php?part=astro&art=astro021>

17. Географічна широта і довгота [Электронный ресурс] // Навчальні матеріали онлайн: [сайт]. URL: https://pidruchniki.com/13761025/geografiya/geografichna_shirota_dovgota

18. Сонячний трекер для збільшення продуктивності сонячних панелей [Електронний ресурс] // SolarSystem: [сайт]. URL: <https://solarsystem.com.ua/blog/zblshennya-produktyvnosti-sonyachnyh-panelej-sonyachnyj-treker/>
19. СОЛНЕЧНЫЙ ТРЕКЕР ДВУХОСНЫЙ [Электронный ресурс] // EcoTech: [сайт]. URL: <https://eco-tech.com.ua/p548614402-solnechnyj-treker-dvuhosnyj.html>
20. HSAT Trackers [Электронный ресурс] // Sino Voltaics: [сайт]. URL: <https://sinovoltaics.com/learning-center/csp/hsat-trackers/>
21. VSAT Trackers [Электронный ресурс] // Sino Voltaics: [сайт]. URL: <https://sinovoltaics.com/learning-center/csp/vsat-trackers/>
22. What is a dual-axis solar tracker? [Электронный ресурс] // Solar Power World: [сайт]. URL: <https://www.solarpowerworldonline.com/2017/09/dual-axis-solar-tracker/>
23. Solar Tracking Application [Электронный ресурс] URL: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wp/oem-wp009_-en-p.pdf
24. Проектирование строительных конструкций с учетом [Электронный ресурс] URL: <http://energoeffekt.gov.by/effbuild/download/380.pdf>
25. What's the Difference Between Single and Dual Axis Trackers? [Электронный ресурс] URL: <http://solarflexrack.com/whats-the-difference-between-single-and-dual-axis-trackers/>
26. Comparison of efficiencies of solar tracker systems with static panel single-axis tracking system and dual-axis tracking system

with fixed mount [Електронний ресурс] URL: [https://www.researchgate.net/publication/281810303_Comparison_of_efficiencies_of_solar_tracker_systems_with_static_panel_single-axis_tracking_system_and_dual-](https://www.researchgate.net/publication/281810303_Comparison_of_efficiencies_of_solar_tracker_systems_with_static_panel_single-axis_tracking_system_and_dual-axis_tracking_system_with_fixed_mount)

axis_tracking_system_with_fixed_mount

27. Расчет положения солнца и луны [Електронний ресурс] // Астро форум: [сайт]. [2010]. URL: <https://astronomy.ru/forum/index.php/topic,78947.0.html>

28. Чорноус О.Б., Місюра М.Д. Система визначення положення сонця відносно координат глядача [Електронний ресурс] // ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ

КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ '2020: [сайт]. [2020]. URL: <http://econference.nubip.edu.ua/index.php/taacsd/2020/paper/view/2102>

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України