

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

Галузь знань _____ 12 – Інформаційні технології _____


Спеціальність _____ 123 – Комп'ютерна інженерія _____

на тему «Інтелектуальний метод і програмно-технічний засіб керування сонячною панеллю»

КвРКІ. 016050.20.01.21 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, група КІ2м-20-1

Керівник доктор техн. наук, професор
Науковий ступінь, вчене звання


Підпис

Літвінко І.В.
Ініціали, прізвище

Мартинюк В.В.
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри КІС, д.т.н., проф.

Т.О. Говорущенко

_____ 2022 р.



Хмельницький, 2022

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень МАГІСТР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма ОСВІТНЬО-НАУКОВА ПРОГРАМА «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Т.О.Говорущенко

“ 01 ” 09 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ)

Літвінко Ігорю Валерійовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Інтелектуальний метод і програмно-технічний засіб керування сонячною панеллю

Керівник проекту (роботи) Мартиню В.В., д.т.н., професор

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

Затверджена наказом ректора університету від 06.01.2022 р. № 1

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 03.05.2022 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____
Аналіз відомих інтелектуальних методів та програмно-технічних засобів керування сонячною панеллю





Моделювання інтелектуальних методів та програмно-технічних засобів керування сонячною панеллю

Розробка інтелектуального методу засобу керування сонячною панеллю

Експериментальне дослідження інтелектуальних методів та програмно-технічних засобів керування сонячною панеллю

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

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Лисенко С.М., професор кафедри КПС		
Антиплагіат	Нічепорук А.О., доцент кафедри КПС		

7. Дата видачі завдання « 06 » 09 2021р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики ДРМ з керівником	05.09.2021	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	05.10.2021	виконано
3	Робота над розділом 1 – аналіз відомих моделей, методів за темою; постановка задачі	05.11.2021	виконано
4	Робота над розділом 2 – розробка моделей для вирішення поставленої задачі	05.12.2021	виконано
5	Робота над науковою статтею	05.01.2022	виконано
6	Робота над розділом 3 – розробка методів для вирішення поставленої задачі	15.02.2022	виконано
7	Робота над розділом 4 – проектування та розробка ПЗ для вирішення поставленої задачі, експериментальна частина	05.04.2022	виконано
8	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	15.04.2022	виконано
9	Попередній захист ДРМ	18.04.2022	виконано
10	Захист ДРМ на засіданні ЕК	До 10.05.2022	

Студент

Керівник проекту (роботи)


Підпис

І.В. Літвінко
Ініціали, прізвище

В.В. Мартинюк
Ініціали, прізвище

РЕФЕРАТ

Тема дипломної роботи: Інтелектуальний метод і програмно-технічний засіб керування сонячною панеллю

Автор роботи: Літвінко І.В.

Керівник роботи: Мартинюк В.В.

Пояснювальна записка: 83 с., 50 рис., 10 табл., 4 дод., 6 джерел.

ПЕРЕЛІК КЛЮЧОВИХ СЛІВ (6-8) ЧЕРЕЗ КОМУ. Інтелектуальний метод, програмно-технічний засіб, сонячні панелі, трекер, датчик освітлення, датчик граду, датчик вітру.

Об'єктом дослідження є інтелектуальний метод і програмно-технічний засіб керування сонячною панеллю.

Предметом дослідження є методи керування і програмно-технічні засоби керування сонячною панеллю.

Метою дипломної роботи є інтелектуальний метод і програмно-технічний засіб керування сонячною панеллю.

Для розв'язання поставлених задач використовувалися методи визначення кута градуса повороту трекера за азимутом.

Наукова новизна отриманих результатів:

- Удосконалено інтелектуальний метод керування сонячною панеллю;
- Удосконалено технічно-програмний засіб керування сонячною панеллю.
- На основі проведених досліджень розроблена архітектура і компоненти програмного забезпечення....

Практична значимість отриманих результатів полягає у удосконаленні інтелектуального методу керування сонячною панеллю та розробці технічно-програмного засобу керування сонячною панеллю, які підвищують ефективність відстеження траєкторії сонця та управління трекером в екстремальних умовах.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	5
ВСТУП.....	6
1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ КЕРУВАННЯ СОНЯЧНОЮ ПАНЕЛЛЮ	10
1.1 Огляд програмно технічних засобів керування сонячною панеллю	10
1.2 Компоненти фотоелементів.....	14
1.3 Аналіз методів позиціонування сонячних панелей.....	16
1.4 Методи керуванням сонячним трекером	17
1.5 Постановка задачі	19
1.5 Висновки.....	19
2 МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ВИЯВЛЕННЯ КІБЕР-ЗАГРОЗ В КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ	20
2.1 Класифікація та основи компоненти сонячного трекера	20
2.2 Актуатори та їх призначення.....	30
2.3 Вітрове навантаження.	34
2.4 Датчик освітлення.....	36
2.5 Детектор опадів.....	37
2.6 Інтерфейс RS-485	39
2.7 Архітектура системи.....	42
2.8 Висновки.....	44
3 Програмна реалізація інтелектуального методу та технічно-програмного засобу керування сонячною панеллю	46
3.1 Математичне забезпечення.....	46
3.2 Алгоритм автоматизованої роботи сонячного трекера	54

3.3	Блок схема роботи системи	55
3.4	Програмна реалізація інтелектуального методу керування сонячною панеллю	57
3.5	Висновки.....	64
4	ЕКСПРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО МЕТОДУ ТА ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ КЕРУВАННЯ СОНЯЧНОЮ ПАНЕЛЛЮ.....	66
4.1	Розрахунок потужності сонячної панелі без трекара.....	66
4.2	Дослідження та порівняння методів	69
4.3	Зняття вольт-амперної характеристики сонячної панелі.....	76
4.4	Приклад роботи та інтерфейсу програми.....	78
4.5	Експерименти моделі інтелектуального методу у різну погоду	83
4.6	Висновки	85
	ВИСНОВКИ	86
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	89
	ДОДАТОК А.....	96
	ДОДАТОК Б	106
	ДОДАТОК В	109
	ДОДАТОК Г	121

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

AADAT - Azimuthaltitude dual axis tracker

TTDAT - tip-tilt dual axis tracker

SAT - Single axis trackers

SPA - Solar Position Algorithm

HSAT - горизонтальна ось оберту

VSAT - вертикальна вісь оберту

PSAT - полярно орієнтована вісь оберту

TSAT - похила вісь обертання

AA - Astronomical Almanac

ВСТУП

Враховуючи постійний приріст населення та його споживання енергоносіїв - сучасна тенденція електрифікації зростає пропорційно. Тому темпи виробництва та споживання електричної енергії можуть значно збільшитись у майбутньому. Сонячні панелі, як приклад перспективних та безпечних виробництв, які не впливають шкідливо за навколишнє середовище, набувають більшої актуальності з кожним днем.

Тому на сьогоднішній день сонячні панелі використовують як у промисловому виробництві так і у побуті.

Перевагами сонячної енергії є:

- 89 петаватт сонячного світла, що досягає земної поверхні, вдосталь – майже у 6000 разів більше - порівняно з 15 тераватами середньої споживаної потужності людей. Крім того, сонячне виробництво електроенергії має найвищу щільність електроенергії (у світі середня 170 Вт/м²) серед відновлюваних джерел енергії.
- Сонячна енергія не забруднює довкілля під час використання. Кінцеві відходи виробництва та викиди можна керувати за допомогою існуючих засобів контролю забруднення. Технології переробки кінцевого використання знаходяться в стадії розробки.
- Об'єкти можуть працювати з невеликим обслуговуванням або втручанням після початкового налаштування.
- Сонячна генерація електроенергії є економічно вищою, якщо підключення до мережі або транспортування палива є складним, дорогим або неможливим. Приклади включають супутники, острів громади, віддалені місця та океанські судна.
- При підключенні до мережі сонячне виробництво електроенергії може замінити найвищі витрати електроенергії в періоди пікового попиту (у більшості кліматичних регіонів), може зменшити мережу завантаження, і

може усунути необхідність використання локального акумулятора для використання в темний час доби і високий місцевий попит; таке застосування заохочується чистим обліком. Час використання чисте вимірювання може бути дуже сприятливим для невеликих фотоелектричних систем. Сонячна електроенергія, підключена до мережі, може використовуватися локально, таким чином зменшуючи втрати при передачі/розподілі (втрати при передачі становили приблизно 7,2% в 1995).

- Після того, як початкові капітальні витрати на будівництво сонячної електростанції були витрачені, експлуатаційні витрати надзвичайно низькі в порівнянні з існуючими технологіями електроенергетики.

Недоліки сонячної електрики:

- Сонячна електроенергія майже завжди дорожча, ніж електроенергія, що виробляється іншими джерелами;
- Сонячна електроенергія недоступна вночі і менш доступна в похмуру погоду умови. Тому необхідна накопичувальна або додаткова система живлення;
- Обмежена щільність потужності: середня щоденна ізоляція в прилеглих США становить 3-7 кВт·год/м² і в середньому нижче в Європі;
- Сонячні батареї виробляють постійний струм, який потрібно перетворити в змінний (за допомогою сітки інвертора) при використанні в існуючих розподільних мережах. Це призводить до втрати енергії 4-12%.

Тому їх ефективне використання в значній мірі залежить від оптимального кута сонячної панелі до сонячного випромінювання. Навіть у екстремальних умовах таких, як туман, хмарність, важкі опади, сильні пориви вітру.

Саме через це на сьогоднішній день розробляють системи з автоматичною зміною положення сонячної панелі в продовж світлового дня таким чином, що сонячна панель обертається відповідно руху сонця.

Використовують три види сонячних панелей:

- звичайні статичні сонячні панелі;
- рухомі сонячні панелі, які визначають кут нахилу за допомогою GPS трекера;

- рухомі сонячні панелі, які визначають кут нахилу за допомогою фотоелементів.

Актуальність роботи полягає у покращенні ефективності технічних підходів та підвищенні ефективності роботи сонячної панелі та розробці нових високоточних методів управління трекером сонячної панелі, який забезпечує максимальний світловий потік.

Метою дипломної роботи є підвищення ефективності керування сонячною панеллю в екстремальних умовах.

Поставлена мета досягається розв'язанням таких основних задач:

- проаналізувати відомі інтелектуальний методи та технічно-програмні засоби керування сонячною панеллю;
- змоделювати інтелектуальний метод який буде підвищувати ефективність керування сонячною панеллю:
- удосконалити метод керування сонячною панеллю;
- реалізувати інтелектуальний метод та технічно-програмний засіб керування сонячною панеллю.

Об'єктом дослідження є процес керування сонячною панеллю в екстремальних умовах.

Предметом дослідження є інтелектуальний метод керування сонячною панеллю.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Набув подальшого розвитку інтелектуальний метод керування сонячною панеллю.
2. Набула подальшого розвитку інформаційна технологія керування сонячною панеллю.

Практична цінність отриманих результатів. В результаті виконаного наукового дослідження розроблена структурна схема системи керування сонячною панеллю.

За темою дипломної роботи опублікована одна публікація у Збірку наукових праць за матеріалами XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2021». Хмельницький, 2021 [1].

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ КЕРУВАННЯ СОНЯЧНОЮ ПАНЕЛЛЮ

1.1 Огляд програмно технічних засобів керування сонячною панеллю

Сонце забезпечує колосальну кількість енергії. Завдяки сонячним панелям встановлених перпендикулярно до потоку сонячних променів можна отримати до 1000 Вт/м^2 [2] по спрощеним розрахункам. Сучасне промислове виробництво виробляє сонячні панелі на основі кремнієвих пластин, які здатні перетворити на електрику близько 14-20% енергії, що отримуються від Сонця.

Один з основних напрямків розвитку фотоелектричної індустрії є пошук різних інженерних рішень, для максимальної кількості енергії, яку можна отримати з одиниці площі встановленої енергетичної системи.

В принципі, сонячне теплове випромінювання можна сфокусувати двома способами, а саме відбиттям і заломлення за допомогою дзеркала або лінзи [15]. Це дзеркало може бути польовим (геліостати або супутникова антена), тоді як лінза може бути опуклою лінзою або лінзою Френеля. Для збільшення використовуються концентратори ефективність уловлювання вищої сонячної енергії для конкретних потреб. Заломлення

Явище в лінзи відбувається на поверхні, тоді як товщина матеріалу не має ефект при заломленні [20]. В основному, відбите або заломлене світло буде зосереджено в зоні фокусування, потім збільшить потік енергії на цільовий приймач [16]. Це сильна основою для використання лінз Френеля (рисунок 1.1) для збільшення енергії, яку може отримати сонячне світло панелі. У опуклих лінзах паралізоване світло заломлюється до реальної фокусної точки перед лінзи, тому опукла лінза називається збіжною. Відстань між лінзою і фокусна точка називається фокусною відстанню.

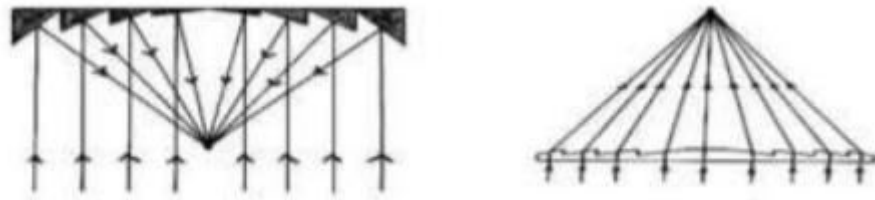


Рисунок 1.1 - Лінза Френеля відбиваюча та заломлююча

Ця лінза Френеля використовується для збільшення інтенсивності світлового випромінювання на сонячних панелях необхідно сфокусувати інтенсивність отриманого сонячного світла, оскільки інтенсивність впливає на сонячні батареї для виробництва оптимальної електричної енергії [17].

Тому, дивлячись на потенціал сонячної енергії в Україні та перевагу Лінзи Френеля, це дослідження може збільшити вихід системи сонячних панелей. Співвідношення площа сонячної панелі як приймача світла менша за лінзу Френеля як оптимізатор для опромінення називається геометричним коефіцієнтом концентрації (CRG). Коефіцієнт CRG впливає на величину опромінення об'єкта, який є точкою фокусування. Це може вплинути на поверхню температура об'єкта, площа поверхні об'єкта, чим нижче температура. Чим менше значення, тим краще, це може сильно зменшити площу використовуваних сонячних елементів під впливом характеристик напівпровідників сонячних елементів. Значення можна отримати за допомогою рівняння (1.1).

$$C_{RG} = \frac{A_{lens}}{A_{solar\ panel}} \quad (1.1)$$

де A_{lens} - область лінзи Френеля;

$A_{solar\ panel}$ - область сонячної панелі.

Ефективність роботи сонячних панелей є максимальною при ортогональному потраплянні [3] випромінювання на них. При розміщенні панелей на даху чи на окремій конструкції. Тому, враховуючи конструктивні недоліки досить складно зробити оптимальний кут нахилу сонячних панелей цілодобовим, звідси і виходить що ККД всієї конструкції не буде оптимальним.

На рисунку 1.2 зображено графік залежності величини втрати при виробленні електроенергії панелями [4] від величини кута відхилення від оптимального положення панелі. З графіка можна зробити висновок що трекер з точністю $\pm 5^\circ$ забезпечує отримання панеллю понад 99,6% енергії прямих промінів і 100% від розсіяного світла.

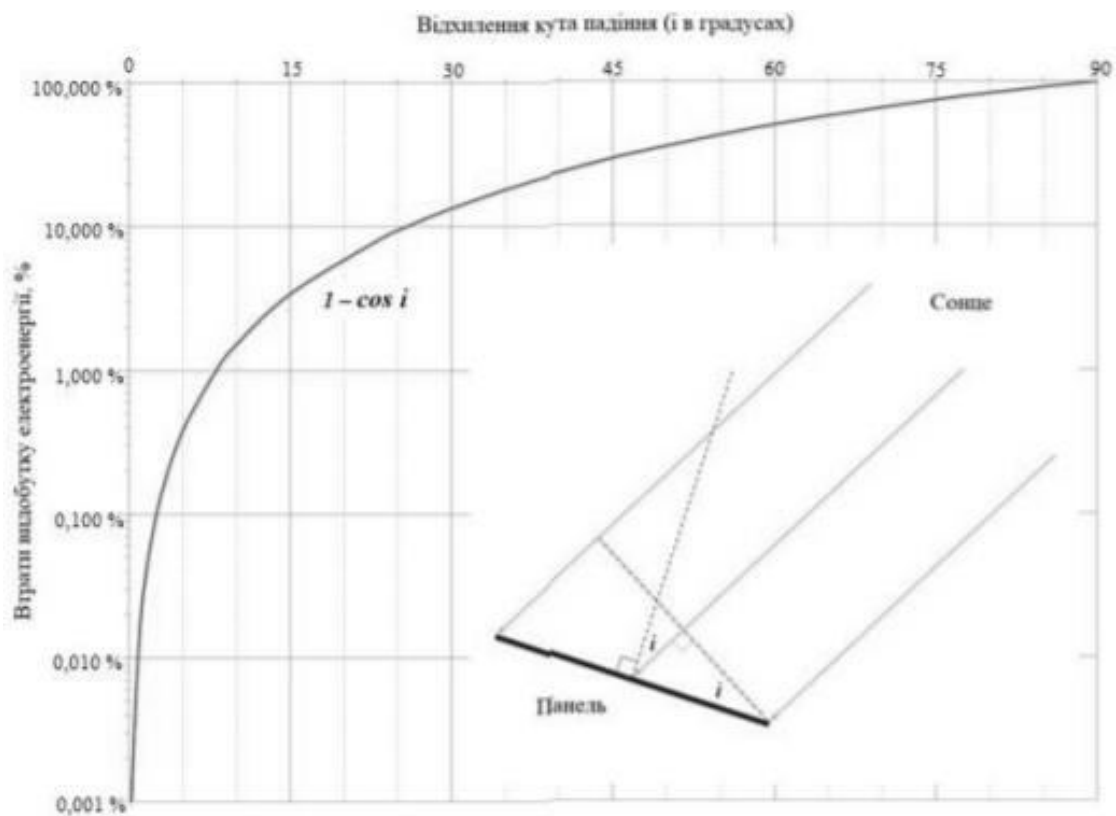


Рисунок 1.2– Залежність втрат від кута падіння

Застосування модулів сонячних панелей, закріплених на конструкціях, що рухаються [5] (сонячний трекер) – є одним з таких методів отримання більшої вихідної потужності установки, порівняно зі стаціонарно встановленими фотоелектричними панелями. Принцип дії таких систем базується на максимальному використанні, доступної протягом світлового дня, сонячної енергії. Це досягається з допомогою можливості оптимальної орієнтації робочої поверхні, тобто такого її встановлення, при якому сонячні промені постійно потраплятимуть на фотоелектричні пластини під кутом 90° . Таке розташування

дозволяє використати всю максимально ефективну площу сонячної панелі. Наведена нижче формула (1.2) [6] розрахунку ефективної площі (S_{\max}) показує її залежність від кута падіння сонячних променів (α).

$$S = S \cdot \sin \alpha \quad (1.2)$$

де α – кут між площиною панелі та напрямком потоку сонячного світла;

S – значення реальної площі сонячної панелі.

Також, для досягнення [7] максимального вироблення електроенергії, необхідно врахувати той факт, що зі збільшенням кута α буде збільшуватися відбивна здатність сонячної панелі, а значить, що ефективність сонячної панелі значно впаде, так як стане менше кількості сонячної енергії, яка потрапить на фотоелектричні перетворювачі.

Отже для досягнення [8] найбільшої ефективності сонячної електростанції фотоелектричні елементи повинні бути нахилені під оптимальним кутом в залежності від географічної широти пори року та часу [4]. В таблиці 1.1 наведено оптимальний кут нахилу сонячних панелей для різних широт в літній період.

Таблиця 1.1 – Оптимальний кут нахилу сонячної панелі в залежності від географічної широти

Широти	Кут нахилу
0°- 15°	15°
15°- 25°	10°
25°- 30°	5°
30°- 35°	10°
35°- 40°	15°
Більше 40°	20°

При встановленні сонячних панелей під неоптимальним кутом втрати електроенергії можуть становити від 2% до 38%, що суттєво зменшує їх

ефективність. Максимальну ефективність сонячних панелей можна досягти використанням так званих сонячних трекерів, які в залежності від конструкції здатні підвищити виробництво електроенергії до 98,5% [17].

1.2 Компоненти фотоелементів

Фотоелектричні (PV) сонячні панелі складаються з багатьох сонячних елементів. Сонячні батареї виготовлені з кремнію, як напівпровідники. Вони побудовані з позитивним шаром і негативним шаром, який разом створюють електричне поле, як у батареї.

Найважливішими компонентами фотоелементів є два шари напівпровідникового матеріалу зазвичай складається з кристалів кремнію. Сам по собі кристалізований кремній не дуже хороший провідник електрики, але коли домішки навмисно додані, стадія створена електричний струм. Нижній шар фотоелементу зазвичай легований бором, який зв'язується з кремнієм для полегшення позитивного заряду (P), тоді як верхній шар легований фосфором, який зв'язується з кремнієм, щоб полегшити негативний заряд (N). Поверхня між отриманою напівпровідники «р-типу» і «n-типу» називають P-N-переходом. Рух електронів при цьому.

Поверхня створює електричне поле, яке дозволяє електронам текти тільки від шару р-типу до шару шар n-типу. Коли сонячне світло потрапляє в клітину, його енергія вибиває електрони в обох шарах. Через протилежні заряди шарів електрони хочуть перетікати з шару n-типу до шар р-типу. Але електричне поле на P-N переході перешкоджає цьому.

Однак наявність зовнішнього ланцюга забезпечує необхідний шлях для електронів n-типу шару для переходу до шару р-типу. Електрони протікають через цю ланцюг зазвичай тонкими дротами що проходить по верхній частині шару n-типу, забезпечує власника клітини постачанням електроенергії. Більшість фотоелектричних систем засновані на окремих квадратних комірках на кілька дюймів на стороні. Поодинці, кожна клітина генерує дуже малу потужність (кілька

ват), тому вони згруповані як модулі або панелі панелі потім або використовуються як окремі блоки, або групуються в більші масиви.

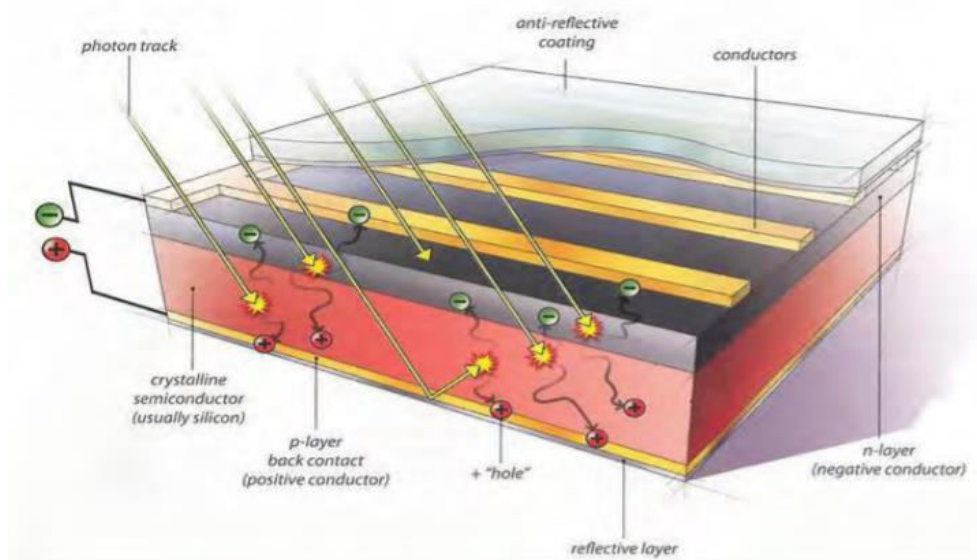


Рисунок 1.3 - Механізм фотоелектричної системи на молекулярному рівні

Робота сонячної панелі відбувається, коли фотони від сонячного світла потрапляють на комірку, напівпровідниковий матеріал іонізується і, отже, атоми найвіддаленіших шарів не розриваються. Завдяки будові напівпровідник, коли електрони проходять P-N-перехід, розташований біля верхньої поверхні панелі, вони не можуть легко повернутися, і, отже, формується верхня сторона панелі, звернена до сонця негативна напруга, а отвори або позитивні заряди P-N переходу прилипають до задньої поверхні панелі, що створює позитивну напругу. Задня та верхня сторони можуть бути підключені через ланцюг до витяг електрики та напруги. Ряд сонячних елементів можна було б електрично з'єднати і змонтований на конструкції, яка буде називатися фотоелектричним модулем.

Фотоелектричні сонячні панелі виробляють електрику постійного струму. При постійному струмі електрони надходять в одному напрямку навколо ланцюга. Цей приклад показує акумулятор, який живить лампочку. Електрони перейдуть від мінусової сторони батареї, через лампу, і повернуться до плюсової сторони акумулятор. При змінному струмі електрони штовхають і тягнуть періодично

змінюючи напрямок.

1.3 Аналіз методів позиціонування сонячних панелей

Сонячні трекари можуть бути реалізовані на основі різних методів керування, що зводяться до трьох основних систем.

В основі [25] першої системи лежить використання фотодатчиків, за допомогою яких отримується інформація про місце з найбільшою освітленістю від сонячних променів. Отримані дані аналізуються мікроконтролером та на основі цих даних пристрій позиціонує сонячну панель до напрямку Сонця. При правильному налаштуванні цієї системи вона може бути повністю автономною та дешевою, але суттєвими недоліками даної системи є її надійність та точність позиціонування сонячної панелі. У погану погоду або при поганому обслуговуванні система буде неспроможна визначити положення Сонця.

Іншим методом є система, яка базується на використанні таймерів. Для використання даної системи необхідно заздалегідь розрахувати дані про положення Сонця на кожен день, та після того дані вносяться в мікроконтролер, який направляє сонячну панель відповідно до розрахованих даних. Точність позиціонування таких систем є невеликою, а ефективність сумнівна оскільки дані про положення Сонця доведеться розрахувати вручну для кожного дня та постійно оновлювати їх у мікроконтролері.

Найбільш ефективною системою керування сонячним трекаром є алгоритмічне управління [26], яке базується на автономному розрахунку положення Сонця за допомогою формул небесної механіки, виходячи з географічних координатах сонячної електростанції, а також поточної дати та часу. На основі цих даних мікроконтролер може точно визначити положення Сонця на небосхилі та направити сонячну панель в напрямку Сонця. Основною перевагою цієї системи є повна автономність, висока точність, працездатність в суворих погодних та кліматичних умовах та при високій хмарності.

1.4 Методи керуванням сонячним трекером

Керування сонячним трекером може відбуватися за різними методами. Головні з них такі.

1. Ручний спосіб [25] позиціонує сонячні панелі за різними методами, що є досить неефективним та застарілим методом керування. Беручи до уваги показники економічності та людський фактор, даний спосіб керування є застарілим та його використання є недоцільним.

2. Метод позиціонування [26] сонячних панелей, який базується на фотоприймачах (рисунок 1.4). Їх встановлюють по обидві сторони трекера і, таким чином, отримують інформацію про освітленість на цих ділянках. Після чого на актуатори потрапляє сигнал керування, поки рівні освітленості на фотоприймачах не приймуть однакового значення.



Рисунок 1.4 – Система позиціонування трекера на фотоприймачах

Але така система має проблеми у хмарну погоду та при випадках забруднення фотоприймачів. Її перевагою є доступна ціна.

3. Програмне керування [27] актуатором, яке базується на визначенні місця розташування сонця для відповідного часу. Рух сонця відбувається по траєкторії від сходу до заходу. Під час руху положення Сонця описується двома координатами: азимутом та зенітом. Азимут – це кут між розташуванням Сонця та півдня. Зенітний кут визначає кут між лінією, що сполучає Сонце та предмет, на який воно світить та горизонтальною площиною.

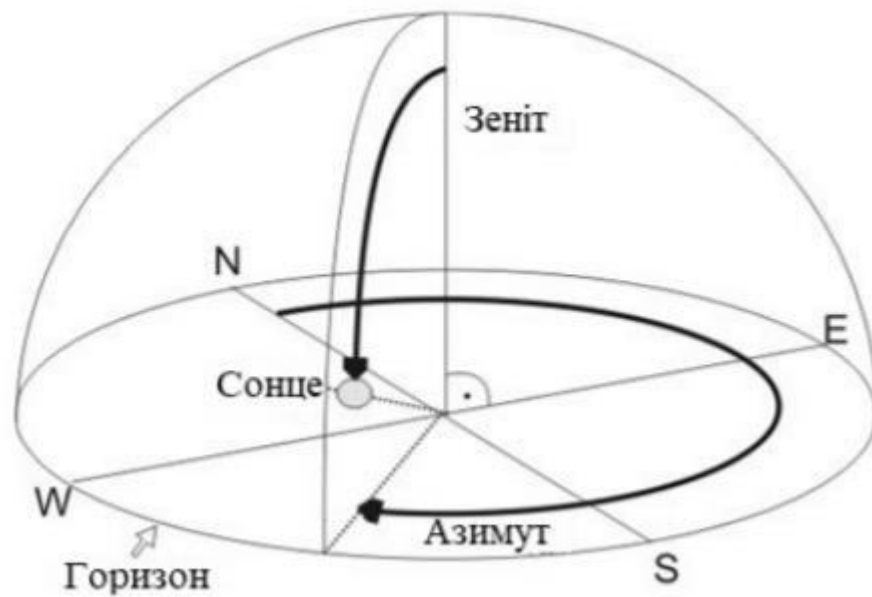


Рисунок 1.5 – Розташування Сонця за Зенітним кутом та Азимутом

Пристрій містить [29] вмонтований годинник, за даними якого розраховуються параметри положення Сонця. Від блоку керування до двигунів поступає сигнал на зміну положення трекера на визначену величину.

Основним принципом роботи системи є компенсація лише двох зміщень Землі: добового зміщення в наслідок обертання Землі довкола своєї осі (річного зміщення та обертання Землі навколо Сонця). Ця система для керування положенням трекера до Сонця містить в собі таймер, в якому задана добова чи річна програма, за якою працюють актуатори.

1.5 Постановка задачі

Для досягнення поставленої мети потрібно розв'язати такі основні задачі:

- проаналізувати відомі методи та технічно-програмні засоби керування сонячною панеллю;
- удосконалити інтелектуальний метод керування сонячною панеллю;
- розробити програмний засіб для інтелектуального методу та технічно-програмного засобу керування сонячною панеллю.

1.5 Висновки

Було проаналізовано три методи керування сонячною панеллю ручний спосіб позиціонує сонячні панелі, методі позиціювання на фотоприймачах та програмне керування [28] актуатором, яке базується на визначенні місця розташуванні сонця для відповідного часу, методи позиціонування сонячних панелей, метода на базі таймерів, метода на використанні сонячних датчиків та методу керування сонячним трекером з алгоритмічним управлінням, яке базується на автономному розрахунку положення Сонця за допомогою формул небесної механіки, виходячи з географічних координатах сонячної електростанції, а також поточної дати та часу. З проведеного дослідження було встановлено недоліки та переваги відомих методів та програмно-технічних засобів з метою їх покращення роботи в екстремальних умовах:

- вітру;
- хмарності;
- важких опадів.

За мету взято завдання реалізувати інтелектуальний метод управління та програмно-технічний засіб керування сонячною панеллю.

2 МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ВИЯВЛЕННЯ КІБЕР-ЗАГРОЗ В КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ

2.1 Класифікація та основи компоненти сонячного трекера

Сонячні трекери використовуються для збільшення виробництва енергії від сонячних панелей і сонячних приймачів. Сонячний трекер – це пристрій, який стежить за рухом сонця, коли воно обертається зі сходу на захід кожен день. Сонячні трекери використовуються для напряму орієнтації сонячних колекторів або сонячних панелей назустріч сонцю, коли воно щодня рухається по небу. Використання сонячних трекерів збільшує кількість сонячної енергії, яку отримує колектор сонячної енергії та покращує вихід енергії тепла або електроенергії, що виробляється. Коротше кажучи, трекери спрямовують сонячні панелі або модулі в бік сонця. Ці пристрої змінюють свою орієнтацію протягом дня, щоб слідувати по шляху сонця максимізувати захоплення енергії. У фотоелектричних системах трекери допомагають мінімізувати кут падіння (кут, який складає промінь світла з лінією, перпендикулярною до поверхні) між вхідне світло та панель, що збільшує кількість енергії, яку виробляє установка. Концентровані сонячні фотоелектричні та концентровані сонячні теплові пристрої мають оптику, яка безпосередньо приймає сонячного світла, тому сонячні трекери повинні бути правильно нахилені для збору енергії. Все концентровані сонячні системи мають трекери, тому що системи не виробляють енергію, якщо їх не направляти правильно назустріч сонцю.

Вибір сонячного трекера [64] залежить від розміру системи, тарифів на електроенергію, земельних обмежень, широти та погода. У масштабі комунальних послуг і великих проектах зазвичай використовуються горизонтальні одноосьові сонячні трекери, в той час як двоосьові трекери в основному використовуються в невеликих житлових приміщеннях і місцях з високим рівнем урядові пільгові тарифи. Трекери з вертикальною віссю підходять для високих широт через їх фіксовані або регульовані кути. Використання сонячних трекерів може приблизно збільшити виробництво електроенергії третина, а деякі претендують на цілих 40%

у деяких регіонах, порівняно з модулями на фіксованій кут. У будь-якому сонячному застосуванні ефективність перетворення покращується, коли є модулі постійно налаштовується на оптимальний кут, коли сонце проходить по небу. Як покращена ефективність означає покращення врожайності, використання трекерів може значно змінити прибуток від великого Рослина. Ось чому комунальні сонячні установки все частіше встановлюються на трекинг системи.

Сонячна панель з фіксованою віссю зображена на рисунку 2.1. Панелі з фіксованим нахилом - це масиви сонячних панелей, розміщених під фіксованим кутом, який зазвичай є оптимальним нахил. Щоб отримати максимальну ефективність від сонячних панелей, їх потрібно направляти в напрямку що захоплює найбільше сонця. Решітки з фіксованим нахилом, будучи нерухомими, прості за конструкцією, легко піддаються проектувати та підтримувати. Оскільки у них немає рухомих частин, стаціонарні системи стійкі й потребують небагато обслуговування. Ця система не буде оптимально вирівняна. Це означає, що він буде виробляти менше енергії.



Рисунок 2.1 - Сонячна панель з фіксованою віссю

Одноосьовий [6] трекер (рисунок 2.1) є достатньо простою конструкцією, у порівнянні із двоосьовим трекером. Завдяки своїй простій конструкції одноосьові

трекери є достатньо дешевими в результаті чого їх стали найбільш широко використовувати. Найбільш популярні конструкції одноосьових трекерів можуть бути оснащені горизонтальною або вертикальною віссю обертання. Кожна з цих конструкцій має свою область на умови застосування.



Рисунок 2.2 – Одноосьовий сонячний трекер

Максимальну продуктивність від сонячних панелей можна досягти за допомогою двоосьових сонячних трекерів, конструкція яких дозволяє позиціонувати сонячні панелі у напрямку [8] Сонця по двом осям обертання, що працюють незалежно одна від одної. В більшості випадків використовують горизонтальну та вертикальну осі (рисунок 2.3).

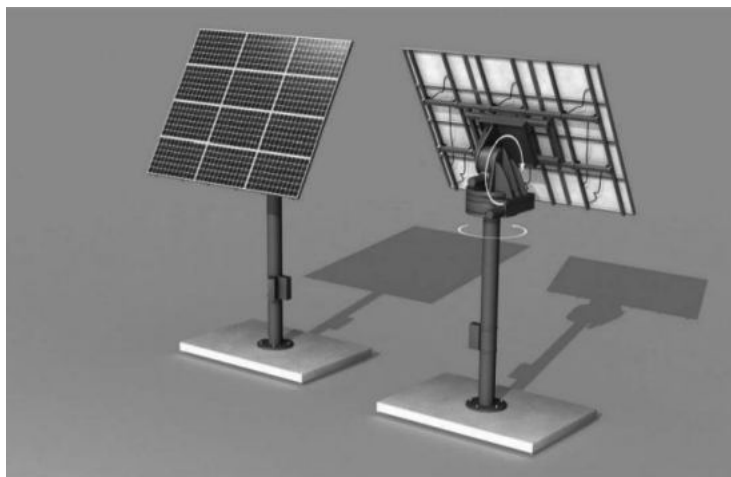


Рисунок 2.3 – Модель двоосьового сонячного трекера

Для того щоб сонячна панель мала можливість максимально ефективно стежити за рухом Сонця [10] вона повинна мати дві площини свободи, які компенсують рух Землі навколо своєї осі та навколо Сонця по орбіті. Розрізняють декілька видів реалізації двоосьових систем стеження за Сонцем:

- Із становленням сонячних модулів на наконечнику несучої опори TTDAT.
- Система з двома осями обертання та опорною площиною AADAT.

Двоосьові [11] трекери сонячних станцій збільшують до 5-10% ефективність системи порівняно з одноосьовими.

Вибір трекера залежить від умов, в яких він буде проходити експлуатацію. Ці умови включають в себе:

- широту місцевості;
- погодні умови;
- габарити системи;
- площу для установки.

Класифікують [12] трекери за осями обертання. Трекери з SAT називають одноосьовими. Вісь обертання даного типу трекера може розташовуватися будь-який алгоритм стеження. Наприклад, SPA. Існує кілька реалізацій одноосьових трекерів. Вони включають трекери:

- з горизонтальною віссю обертання HSAT;
- вертикальною віссю обертання VSAT;
- зі нахилом обертання TSAT;
- з полярно-орієнтованою віссю обертання PSAT.

Трекери з горизонтальною віссю HSAT (рисунок 2.4) мають вісь обертання, розташовану горизонтально до землі.

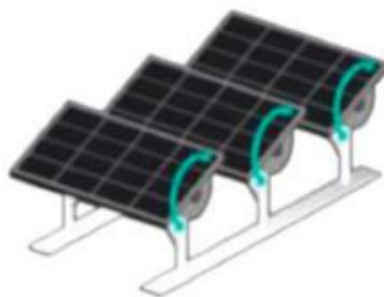


Рисунок 2.4 - Трекер із горизонтальною орієнтованою віссю обертання

Осі обертання [15] кожного ряду сонячних батарей розташовуються паралельно один одному. Залежно від рельєфу місцевості певний інтервал між сусідніми рядами осей допоможе збільшити вироблення всієї системи.

Другий різновид – це трекери з вертикальною віссю обертання – Vertical single axis tracker (VSAT), у яких вісь обертання вертикальна по відношенню до землі. Трекер зображений рисунку 1.5. Даний вид трекерів обертається за Сонцем [14] протягом дня. Такі трекери більш ефективні у високих широтах, ніж HSAT. При побудові полів із цим типом трекерів також необхідно враховувати затінення від сусідніх рядів, щоб уникнути непотрібних втрат енергії та максимально задіяти доступну робочу площу.

VSAT (рисунок 2.5) зазвичай [16] мають конструкцію, орієнтовану під кутом до осі обертання, а корисне навантаження (наприклад, фотоелементи) встановлюються на неї.



Рисунок 2.5 - Трекер з вертикальною віссю обертання

Наступний вид одноосьових трекерів – це трекери з однією похилою віссю обертання – Tilted single axis tracker (TSAT) [20]. Вісь обертання у даних трекерах розташовується між горизонтальною та вертикальною. Даний трекер зображений на рисунку 2.6.

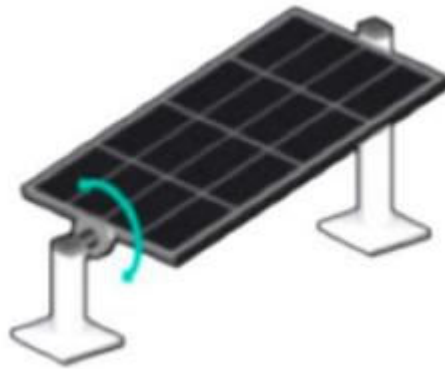


Рисунок 2.6 - Трекер с одною накладною віссю оберту

Другий тип трекерів – це трекери із двома осями обертання – Dual axis trackers (DAT) [19] або двоосьові. DAT мають два ступені свободи, які виступають, як осі обертання. Ці осі, як правило, не пов'язані один з одним, але працюють разом. Існує кілька загальних реалізацій двоосьових трекерів. Вони класифікуються за спрямованістю їхньої основної осі стосовно землі. Два найбільш поширені види двоосьових трекерів: TTDAT та AADAT.

Трекери з двома осями обертання на вертикальній опорі – Tip-tilt dual axis tracker (TTDAT) [21] отримали таку назву, тому що масив із панелями монтується на кінці довгого стовпа. Даний трекер представлений на рисунку 2.7. Рух трекера зі сходу захід керується поворотом масиву навколо верхнього полюса, у якому закріплений підшипник. У верхній частині підшипника знаходиться механізм, який забезпечує вертикальне обертання панелей і забезпечує основні точки кріплення для масиву панелей.



Рисунок 2.7 - Трекер з двома осями обертю на несучій конструкції.

Трекери з двома осями обертання та опорною площиною – Azimuthaltitude dual axis tracker (AADAT), у яких головна вісь – вертикальна. Вони схожі на TTDAT, але відрізняються способом повороту масиву. Замість обертового масиву навколо верхнього полюса стовпа, AADAT системи зазвичай використовують велике кільце, встановлене на землі або платформі. Вся система встановлюється на ролики або на велику платформу з підшипники. AADAT зображено на рисунку 2.8.



Рисунок 2.8 - Трекер з двоосним обертанням

Сонячний трекер складається з:

- несучої конструкції [22], яка складається з рухомої частини одною чи двома осями обертання та фіксованої частини;

- системи позиціонування під ефективним кутом до сонячних променів, яка складається з актуаторів та пристроїв, які ними керують;
- системи інтерфейсу та керування, для обслуговування енергосистеми;
- системи навігації, для визначення географічного положення станції (окрім стаціонарних трекерів);
- інвертор, для перетворення постійного струму в змінний та передачі його споживачеві або на приймаючу станцію. Їхня кількість складає від одного до трьох.

Приклад загального виду системи сонячного трекера показана на рисунку 2.9.

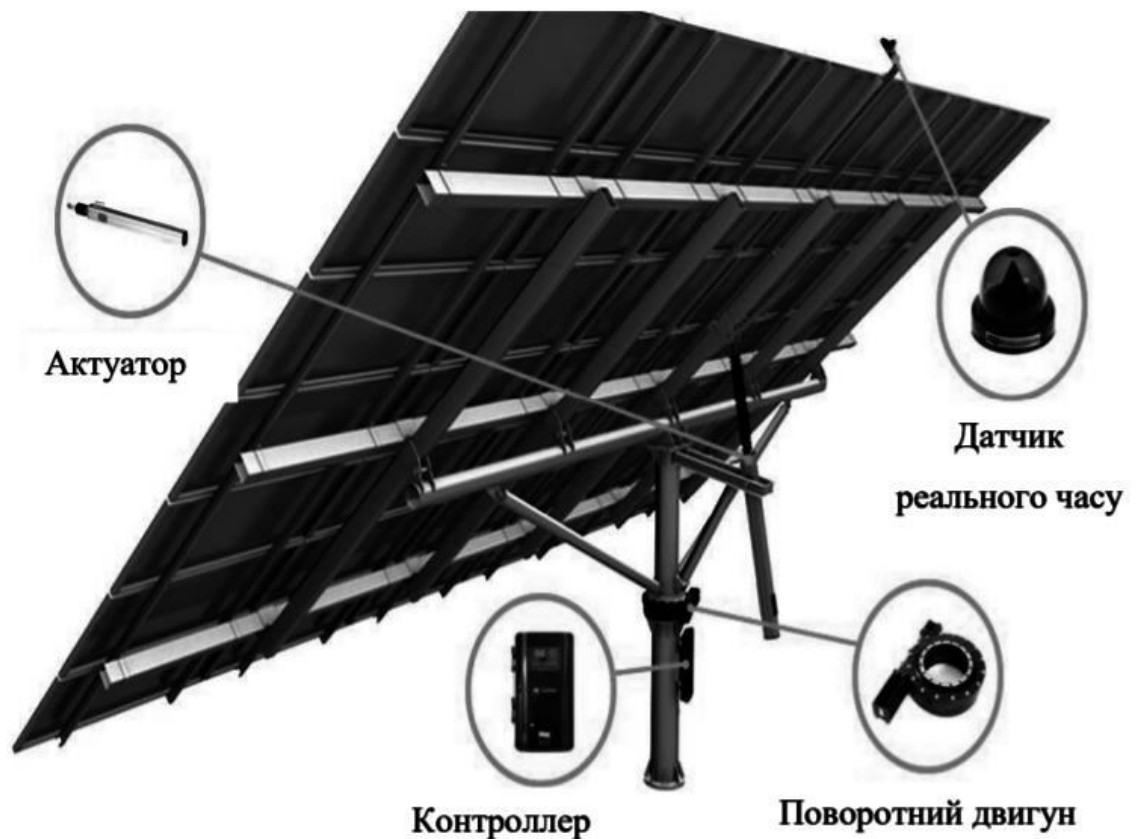


Рисунок 2.9 – Складові комплектуючі сонячного трекера

В залежності від типу конструкції виконавчий механізм може здійснювати переміщення конструкції використовуючи, як гідропривід, так і електропривод.

Електроприводні виконавчі механізми є найбільш поширеними та потребують значного меншого обслуговування системи.

Рекомендується використовувати три наступних електродвигуна:

- серводвигун;
- крокові двигуни;
- лінійні двигуни.

Їх основні характеристики є:

- номінальна потужність;
- споживання електроенергії в різних режимах;
- робочий діапазон;
- відмово стійкість.

Було проведено оцінку ефективності трьох типів сонячної енергії системи, які є стаціонарними панелями, одноосьовими та двовісними сонячними трекерами.

Сонячна система зі стаціонарними панелями зазвичай монтується на даху або на відкритому просторі немає завалів від дерев чи будівель. Як впливає з назви, саме ця система буде фіксується в певному положенні і не буде рухатися ні протягом дня, ні року. Як і в зміни сонячної інтенсивності по відношенню до змін сонячного положення не впливатимуть на розташування панелі.

Одноосьова сонячна панель матиме здатність відстежувати сонце, коли сонце рухається зі сходу на захід протягом дня. Слід зазначити, що одна вісь відноситься до змін у положення трекера, щоб слідкувати за одновимірним рухом сонця. Сонце змінюється положення по відношенню до сезонів, не буде враховуватися одновісним трекером. А одновісний трекер повинен бути здатний генерувати значно більше енергії, ніж фіксована вісь робить.

Двоосний сонцезахисний трекер по суті може стежити за сонцем, коли воно змінює своє розташування протягом дня, а також року. Як ми всі знаємо, сонце зміщується не тільки зі сходу на захід щодня в міру зміни сезонів. Положення Сонця також змінюється, рухаючись з півночі на південь. Подвійний трекер по суті слідує двовимірному руху Сонця, щоб забезпечити кут падіння між сонячним

променем і панеллю завжди мінімальний. Таким чином система здатна поглинати максимум сонячного світла і, отже, повинна бути здатною виробляти більше енергії, ніж трекери з однією та фіксованою віссю.

Метою даного порівняння є обчислення вихідної потужності та сумарної енергії для трьох різних системи дають відповідно і оцінюють, а також порівнюють продуктивність системи щодо України для певного місця, а також для певного часу.

Середні дані сонячної радіації трьох типів сонячних панелей для різних місяців наведено нижче у рисунках 2.10 - 2.12.

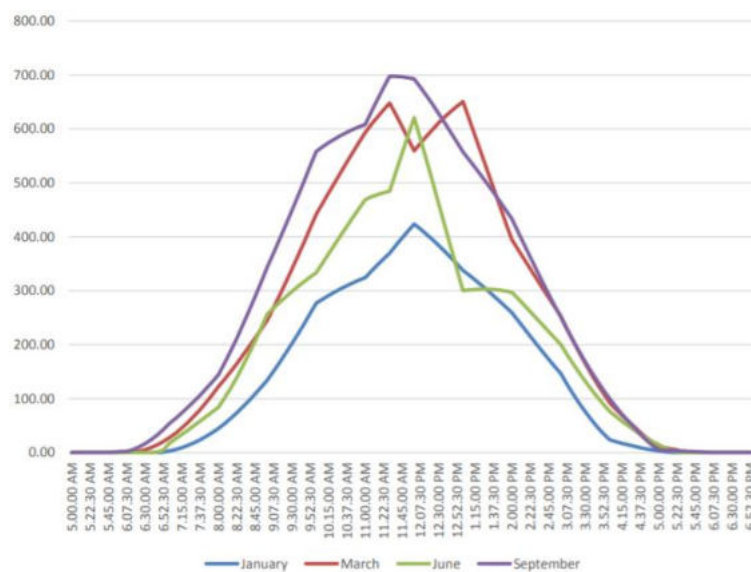


Рисунок 2.10 - Середня сонячна радіація ($\text{Вт}/\text{м}^2$) за різні місяці для статичної панелі

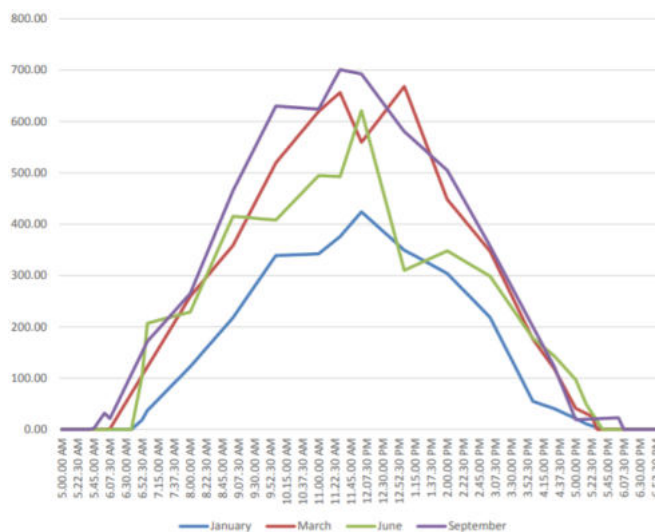


Рисунок 2.11 - Середня сонячна радіація (Вт/м²) за різні місяці для одновісного трекера

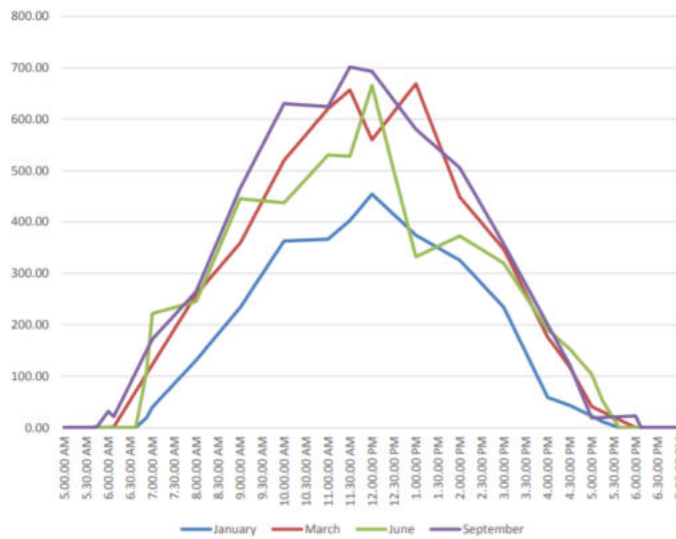


Рисунок 2.12 - Середня сонячна радіація (Вт/м²) за різні місяці для двовісного трекера

2.2 Актуатори та їх призначення

Актуатор - це універсальний виконавчий пристрій з електромотором або без, керований за допомогою пристрою керування. Це відрізняє його від інших виконавчих пристроїв, які вимагають додаткових компонентів, наприклад, лінійних підшипників, рейок і кареток для створення кінцевого пристрою.

Існують також і електричні [25] актуатори лінійного типу, перевагою яких є можливість блокування передавального вала. Конструктивне виконання актуаторів більш сучасних зразків є збільшення кількості зубців на шестернях, що забезпечує більшу міцність приводу, плавність ходу та точність роботи.

Актуатори можуть бути сконструйовані на базі двигунів постійного струму, асинхронних двигунів або крокових двигунів.



Рисунок 2.13 – Акуатор на базі двигуна постійного струму



Рисунок 2.14 – Акуатор реалізований на асинхронному двигуні

Лінійний актуатор [26] складається з приводу та електродвигуна. Механічний привод використовує пристрій, що забезпечує переміщення: передача гвинт-гайка, рейкова передача, кулько-гвинтова передача, ремінний привід. Якості направляючої використовується конструкція з однією або декількох телескопічних труб, профільні рейкові направляючі і різні лінійні направляючі ковзання або кочення, за якими здійснюється рух. Застосовується електродвигун постійного або змінного струму.

Для реалізації даного методу керування сонячною панеллю підходять електричні актуатори лінійного типу, в яких є властивість блокування передавального валу, що є великою перевагою. Також сучасні моделі мають збільшену кількість зубців на шестернях, що значно збільшує міцність приводу, точність позиціонування панелей та плавність обертання.

В нашому випадку, так як ми будемо рухати сонячні панелі по двох осях, необхідно використати два подібних актуатора. Для даного проекту підійде модель LAC1500 (рисунок 2.15).

Технічні характеристики актуатора LAC1500:

- регульований хід;
- привід Асте (гвинтовий), що самоблокується;
- захист від води і пилу;
- високі точність та антикорозійні якості;
- струм без навантаження $\leq 1\text{A}$;
- струм навантаження $\leq 2\text{A}$;
- статичне навантаження: 5500Н;
- динамічне навантаження: 3500Н;
- вантажопідйомність: 2500Н;
- швидкість (з навантаженням) 5 мм/с;
- робоча температура від $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Рисунок 2.15 – Зображення актуатора LAC1500

Після того, як було вибрано актуатори, потрібно їх підключити до мікроконтролера. Проте напряду на виходи мікроконтролера такі двигуни не підключаються, тому що є обмеження по силі струму на виходах мікроконтролера.

Для вирішення цієї проблеми є декілька способів:

1. Використати силовий транзистор. Але ми зможемо лише керувати швидкістю руху валу, а в нашому випадку потрібно змінювати і напрям.
2. Використати реле, яке буде таким собі перехідним елементом між МК і двигуном. Воно по команді мікроконтролера буде замикати чи розмикати контакти, тобто керувати подачею струму на двигун. Основним недоліком такого способу є те, що ми не зможемо керувати швидкістю та напрямком обертання валу двигуна.
3. Використати плату розширення для МК (Motor Shield), яка забезпечує роботу двигунів постійного струму.

Третій спосіб підходить для нашої цілі. На ринку є досить популярний плата керування двигунами RKR-01A на базі мікросхеми L298N (рисунок 2.16).

Дана плата завдяки мікросхемі L298N може керувати відразу двома двигунами постійного струму, що живляться від 5 В до 35 В. Встановлений на основну мікросхему радіатор охолодження дозволяє витримувати струм навантаження до 2А на канал [31].



Рисунок 2.16 Модуль керування двигуном RKR-01 А

Характеристика драйвера двигунів RKR-01A на мікросхемі L298N:

- можливість живлення зовнішньої логіки (V_{ss}): +5 В - +7 В;
- вхідна напруга логічної частини (V_d): від 6V до 12V;

- струм навантаження кожної керованої частини (I_o): 2А;
- максимальна споживана потужність: 20 Вт;
- робочий струм зовнішньої логічної частини (I_{ss}): 0 ~ 36mA;
- піковий струм навантаження кожної керованої частини (I_o): 3А;
- високий рівень вхідного сигналу (High): $2.3V = V_{in} = V_{ss}$;
- низький рівень вхідного сигналу (Low): $-0.3V = V_{in} = 1.5V$;
- розміри модуля з радіатором L298: 53 x 47 x 27 мм;
- робоча температура навколишнього середовища: від $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+130\text{ }^{\circ}\text{C}$; – вага драйвера моторів RKP-01A: 35 грам

2.3 Вітрове навантаження.

Під парусністю можна розуміти властивість будь-якого предмета який здатний сприймати енергію [29] повітряного потоку по напрямку вітру. На рисунку 2.17 зображено вітрове навантаження на сонячний трекер.

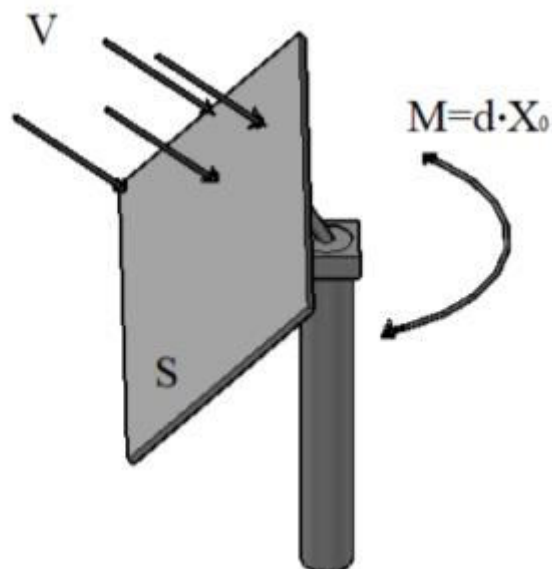


Рисунок 2.17 - Вплив сили вітру на сонячний трекер

Сила опору спрямована проти швидкості руху визначається за формулою:

$$X_0 = C_{x0} \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2} \cdot S, \quad (2.1)$$

де ρ - щільність повітря, визначається з урахуванням температури навколишнього середовища;

V - максимально допустима швидкість вітру, приймаємо в середньому 17 м/с;

S - площа поверхні сонячної панелі;

C_{x0} - безрозмірний аеродинамічний коефіцієнт опору, з урахуванням складності розрахунку приймаємо рівним в діапазоні 1,07...1,28.

Розрахунок моменту навантаження викликаного вітровими силами розрахуємо за формулою:

$$M = X_0 \cdot d, \quad (2.2)$$

де d - плече важеля від платформи до опори сонячного трекера.

Датчиком напрямку вітру[30] називають флюгер який призначений для точного визначення з якої сторони дме вітер (рисунок 2.18).

Розглянемо характеристики датчика, які показані в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Характеристики датчика.

Діапазон вимірювань	0-360 градусів
Напруга живлення	9... 248 DC
Робоча температура	-20°C ... + 80°C
Інтерфейс зв'язку	RS485
Значення напрямку вітру	0-16 (0 градусів Північного напрямку)
Похибка	±3%



Рисунок 2.18 - Датчик флюгер

2.4 Датчик освітлення

Важливі параметри при оцінці прогнозу ефективності. Енергія, яка виробляється сонячними панелями, є індикатором хмарного неба. Хмарність – це ступінь ослаблення інтенсивності сонячної радіації. Випромінювання, яке досягає поверхні шляхом розсіювання легкими хмарами. Метеорологічні служби на основі супутникових даних створює прогноз хмар на найближчі кілька днів [5].

Один із ключових [36] параметрів прогнозу ефективності електричної енергії, що виробляється сонячними панелями, є показник хмарності неба. Показник хмарності неба - це величина послаблення інтенсивності сонячного випромінювання, яке надходить на земну поверхню в результаті послаблення інтенсивності сонячного[37] випромінювання. Тому для визначення кута панелі під час хмарності використаємо піранометр. Піранометр - це прилад, що вимірює сонячну радіацію, яка потрапляє на поверхню Землі. Датчик був спеціально розроблений, щоб вимірювати щільність потоку сонячної енергії.

Розглянемо приклад датчика піранометра ISO 9060 SMP12, який зображено на рисунку 2.19.



Рисунок 2.19. - Піранометр

Характеристики піранометра наведені в таблиці 2.2

Таблиця 2.2 - Характеристика датчика світла

Спектральний діапазон (50% точок)	Від 285 до 2750 нм.
Час відгуку (63%)	<0.15 с
Час відгуку (95%)	<0.5с
Сміщення нуля А	<1 Вт/м ²
Сміщення нуля В	<1.5 Вт/м ²
Загальне зміщення нуля	<13 Вт/м ²
Напралена характеристика (до 80° з променем 1000 Вт/м ²)	<10 Вт/м ²
Температурна залежність чутливості (Від -10°С до + 40°С)	<1%
Температурна залежність чутливості	<2%
Цифровий вихід	Двопровідний RS-485

2.5 Детектор опадів

Детектор опадів працює на ємнісному принципі, значення ємності чутливого елемента змінюється залежно від стану поверхні [38], змоченої вологою опадів. Вбудований обігрівач підтримує детектор сухим, випаровує воду та запобігає помилковим результатам вимірювання, спричиненими туманом або росою [39]. Нагрівач також працює при низьких температурах та визначає рівень снігових опадів.

Розглянемо детектор опадів на прикладі DELTA JHM H2013.3 (рисунок 2.6). Даний детектор є професійним та з широкою можливістю інтегрування до систем моніторингу завдяки розширеним можливостям підключення до інтерфейсу RS-485 з протоколом Modbus-RTU та уніфікованими аналоговими виходами 4-20мА або 0-10V і контактним виходом. Характеристики детектора опадів наведені в таблиці 2.20.

Таблиця 2.3 — Характеристики детектора опадів

Тип	Ємнісний з вбудованим нагрівачем
Кут нахилу	30°
Діапазон вимірювання Виявлення опадів	Увімкнено/Вимкнено (Кількість опадів/без опадів). Відсоток сухої чутливої поверхні датчика
Температура	0,1 °C
Виходи	RS485 не ізольований, з MODBUS-RTU або власним протоколом
Джерело живлення	12 ~ 30 В постійного струму
Умови роботи	Температура: -40 ~ + 60 °C Вологість повітря: 0 ~ 100 %RH
Температура зберігання	-40 ~ + 60 °C



Рисунок 2.20 - Датчик опадів DELTA JHM H2013.3

2.6 Інтерфейс RS-485

RS-485 - це стандарт, що визначає електричні характеристики приймачів і передавачів інформації для використання в цифрових багатоточкових системах. Інтерфейс RS-485 [40] є одним з найбільш поширених стандартів фізичного рівня в сучасних засобах промислової автоматизації.

Характеристики інтерфейсу наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.4 - Характеристики інтерфейсу RS-485

Параметр	Значення
Рівень логічної «1» передавача, В	+ 1,5 ... + 6
Рівень логічного «0» передавача, В	-1,5 ... -6
Поріг чутливості приймача, мВ	±200
Допустимий діапазон напруг приймача, В	-7 ... +12
Рівень логічної «1» приймача, мВ	Більше +200
Рівень логічного «0» приймача, мВ	Менше -200
Вхідний опір приймача, кОм	12
Допустимий опір навантаження передавача, Ом	54

Максимальний струм короткого замикання передавача, мА	250
Діапазон синфазної напруги передавача, В	-1 ... + 3
Максимальна довжина кабелю, м	1200
Максимальне число приймачів / передавачів	32/32
Максимальна швидкість передачі даних, Мбіт / с	10

RS-485 - напівдуплексний інтерфейс [37]. Прийом і передача йдуть по одній парі проводів з поділом за часом. У мережі може бути багато передавачів, так як вони можуть відключатися в режимі прийому.

В основі інтерфейсу RS-485[40] лежить спосіб диференціальної (балансної) передачі даних. Суть даного методу полягає в наступному: по одному дроту (умовно лінія А) передається нормальний сигнал, а по другому проводу (умовно лінія В) передається інвертований сигнал, таким чином, між двома проводами виті пари завжди існує різниця потенціалів (рисунок 2.21). Для випадку логічної "одиниці" різниця потенціалів позитивна, для логічного «нуля» - негативна.

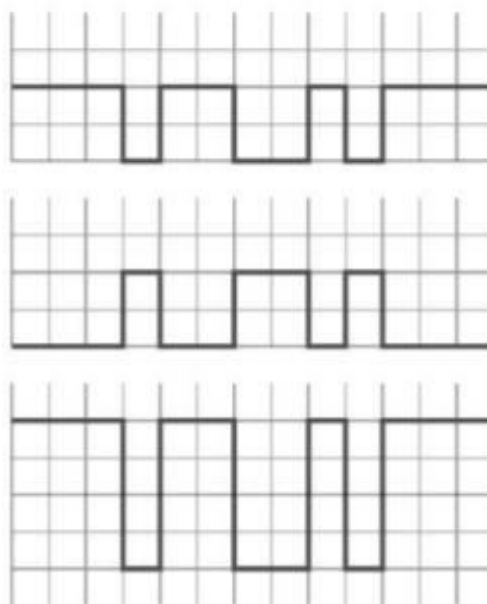


Рисунок 2.21 - Діаграма балансної передачі даних

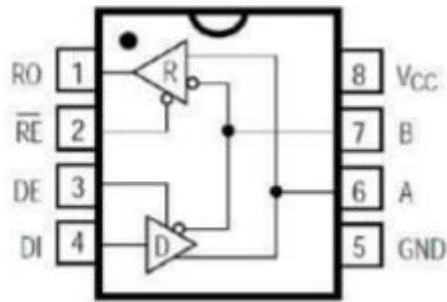


Рисунок 2.22 – Приймач-передавач RS-485

Розглянемо рисунок 2.2 де:

- В - інверсний диференціальний вхід/вихід.
- R (receiver) - приймач;
- RE (receiver enable) - дозвіл роботи приймача;
- DE (driver enable) - дозвіл роботи передавача;
- D (driver) - передавач;
- RO (receiver output) - цифровий вихід приймача;
- DI (driver input) - цифровий вхід передавача;
- А - прямий диференціальний вхід/вихід;

Для підключення датчиків флюгера, піранометра та датчика граду до ПК використовуємо перетворювач RS-485 на USB.

Конвертер двосторонній USB в RS-485 призначений для підключення різних периферійних пристроїв: флюгера, піранометра, та датчика опадів до персонального комп'ютера. Перетворювач виконаний на мікросхемі CH340 та MAX485.

Розглянемо перетворювач RS-485 на USB CH340, який зображено на рисунку 2.21.



Рисунок 2.21 - Перетворювач RS-485 на USB

Характеристики показані в таблиці 2.4.

Таблиця 2.5 - Характеристика USB перетворювача

Інтерфейс підключення до комп'ютера	USB 2.0, 3.0
Вихідний інтерфейс	RS-485
Мікросхема USB адаптера	CH340
Мікросхема вихідного драйвера	MAX-485
Сумісність з ОС	Windows 7, Windows 10, Linux, MacOS, wince5/0
Швидкість передачі даних	50 Бод – 2М Бод
Максимальна довжина ліній зв'язу RS-485	1.2 км
Діапазон робочої температури	-40°C ... + 85°C

2.7 Архітектура системи

Для реалізації програмного забезпечення комп'ютерної системи керування сонячним трекером було розроблено структурну схему, яку зображено на рисунку 2.22. Структурна схема відображає архітектуру системи в загальному вигляді.

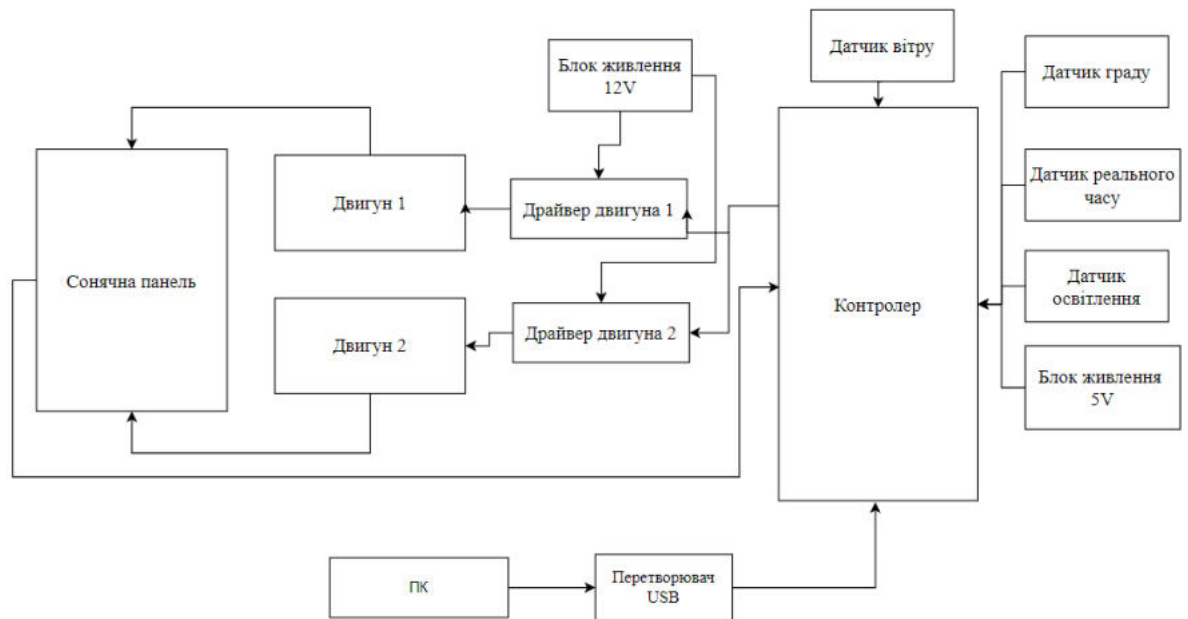


Рисунок 2.22 – Структурна схема сонячного трекера

Структурна схема сонячного трекера містить такі складові:

- блок живлення 12V та 5V;
- датчик реального часу;
- датчик освітлення;
- драйвер двигуна 1 та 2;
- двигун 1 та двигун 2;
- сонячна панель;
- контролер;
- ПК.

Для реалізації інтелектуально методу в програмному виді було обране програмне середовище розробки Visual Studio Profesional 2022.

Visual Studio Profesional 2022 (рисунок 2.23) це платне IDE, для розробки додатків з дотриманням усіх основних критеріїв для забезпечення максимального якості коду. Visual Studio Profesional 2022 полегшує роботу з великими проектами та підтримує більшість платформ розробки.

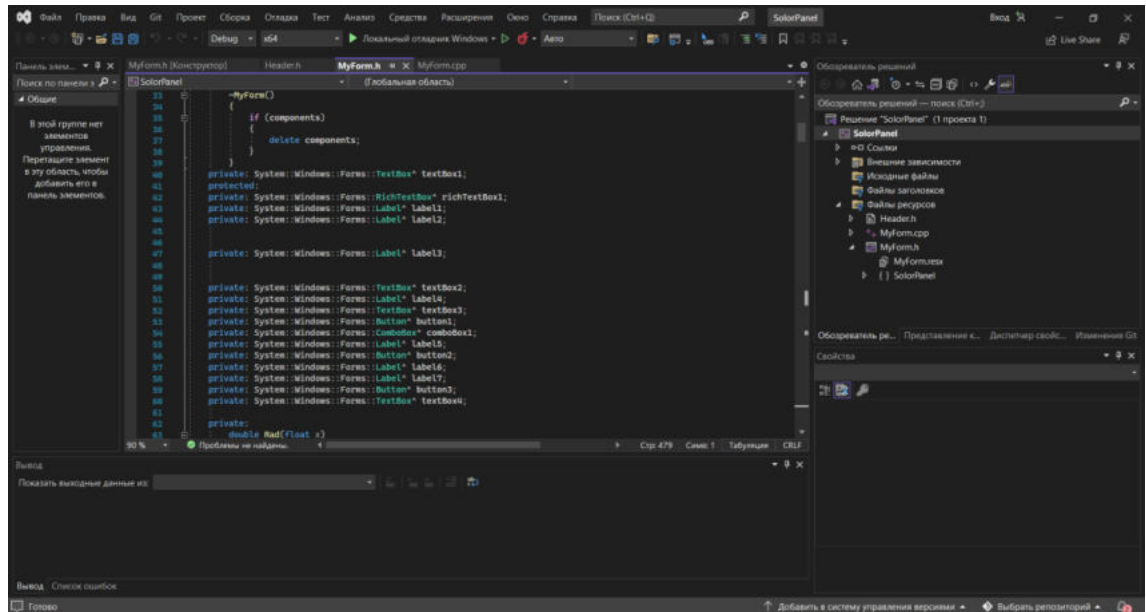


Рисунок 2.23 - Інтерфейс Visual Studio Professional 2022

2.8 Висновки

Класифікація трекерів та їх основних компонентів. Розроблена модель структурної схеми для керування сонячної панелі сонячно та вибране IDE під її розробку, охарактеризовані датчики вітру та проведені розрахунки парусності, датчик освітлення, датчик опадів. Дані від датчиків передаються на контролер та через інтерфейс RS-485 та на ПК через USB перетворювач.

Було змодельовано інтелектуальний метод програмного управління, за допомогою якого мікроконтролер буде самостійно визначати положення Сонця шляхом проведення обчислень формул небесної механіки які будуть розписані в математичному забезпеченні та враховуючи дані від датчиків він буде кут нахилу сонячної панелі від екстремальних погодних умов по типу:

- вітру;
- хмарності або туману;
- важких опадів.

Так при сильних поривах вітру інтелектуальний метод скерує панель паралельно до вітру та поверне панель в його напрямку. Хмарність та туман задаються датчиком освітлення який задає максимально ефективний кут на

найяскравішу точку на небі. Важкі опади визначаються датчиком опадів який при граді буде задавати панелі перпендикулярний кут, враховуючи напрям вітру.

3 Програмна реалізація інтелектуального методу та технічно-програмного засобу керування сонячною панеллю

3.1 Математичне забезпечення

Завдяки безперервному технологічному[41] прогресу в застосуванні сонячної радіації, завжди буде потреба в меншій невизначеності при розрахунку сонячного положення. У літературі щодо сонячної радіації опубліковано багато методів для розрахунку положення Сонця, однак їх похибки були більшими за $\pm 0,010$ у розрахунках сонячного зеніту та азимута, а деякі дійсні лише протягом певної кількості років[42]. Наприклад, розрахунки Міхальського обмежені періодом з 1950 по 2050 рр. з невизначеністю більше $\pm 0,010$ [43], а розрахунки Бланко-Мюріеля та ін. обмежуються періодом з 1999 по 2015 рр. з невизначеністю, більшою ніж $> \pm 0,010$ [43].

Прикладом, що підкреслює важливість зменшення невизначеності розрахунку сонячної позиції до нижчої ніж $\pm 0,010$, є калібрування піранометрів, які вимірюють глобальне сонячне опромінення. Під час калібрування чутливість піранометра розраховується при зенітних кутах від 0° до 90° шляхом ділення його вихідної напруги на еталонну глобальну сонячну радіацію (G), яка є функцією косинуса зенітного кута ($\cos \theta$)[43]. На рисунку 2. показана величина помилок, які невизначеність $0,010$ в 2 може сприяти розрахунку $\cos \theta$, і, отже, G , який використовується для обчислення чутливості. На малюнку 1 показано, що невизначеність у $\cos \theta$ експоненціально збільшується, коли θ досягає 90° (наприклад, при 2 , що дорівнює 87° , невизначеність у $\cos \theta$ становить $0,7\%$, що може призвести до невизначеності $0,35\%$ при обчисленні G [44]; тому що при такому при великих зенітних кутах опромінення нормального падіння приблизно дорівнює половині значення G). З цього виникає необхідність використання алгоритму сонячного положення з нижчою невизначеністю для користувачів, які зацікавлені у вимірюванні глобального сонячного опромінення з меншою невизначеністю в повному діапазоні зенітних кутів від 0° до 90° .

У цьому звіті ми описуємо процедуру для алгоритму сонячної позиції (SPA) для розрахунку сонячного зеніту[45] та кута азимуту з невизначеністю, що дорівнює $\pm 0,0003^\circ$ в період з -2000 року до 6000. На рисунку 1 показано, що невизначеність еталонного глобального сонячного опромінення, отримана в результаті $\pm 0,0003^\circ$ при розрахунку зенітного кута Сонця в діапазоні від 0° до 90° , є незначною.

Процедура взята з The Astronomical Algorithms [3], [46], яка базується на теорії Variations Sèculaires des Orbites Planètares Theory (VSOP87), розробленій П. Бретаньоном у 1982 році. Потім модифікований у 1987 році Бретаньон і Франку [3]. У цьому звіті ми підсумовуємо складні елементи алгоритму, розкидані по книзі для розрахунку сонячної позиції, і вносимо деякі модифікації в алгоритм, щоб пристосуватись до застосування сонячної радіації. Наприклад, в The Astronomical Algorithms [47] азимутальний кут вимірюється на захід від півдня, але для застосування сонячної радіації він вимірюється на схід з півночі. Також спостерігач географічна довгота вважається позитивною на захід або негативною на схід від Гринвіча[49], тоді як для застосування сонячної радіації вона вважається негативною на захід або позитивною на схід від Гринвіча.

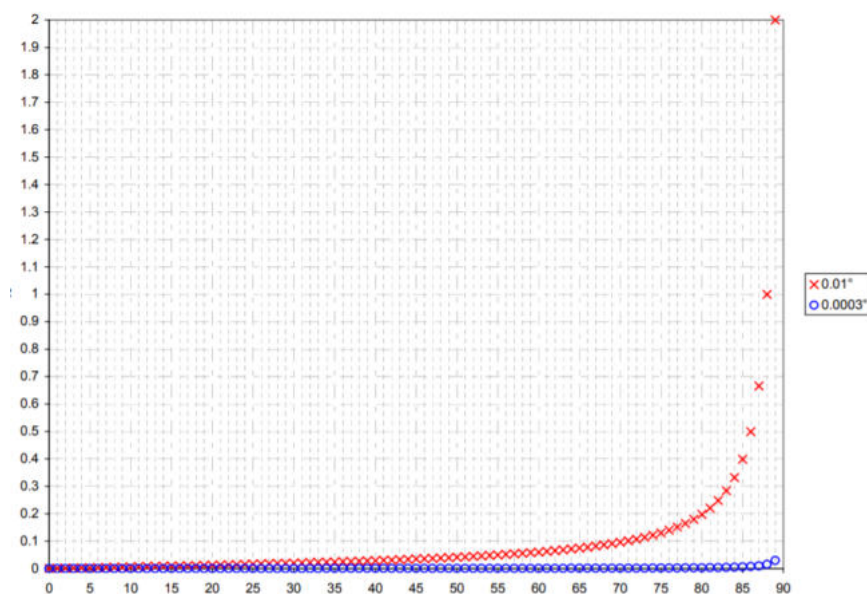


Рисунок 3.1 - Невизначеність косинуса сонячного зенітного кута в результаті $0,01^\circ$ і $0,0003^\circ$ невизначеність розрахунку кута

Ми починаємо розрахунок з:

- Опису масштабів часу через важливість використання правильного часу в SPA.
- Надання покрокової процедури для розрахунку сонячного положення та сонячного падіння кут для довільної орієнтації поверхні за допомогою методів, описаних у цьому розділі до сонячної радіації [4]
- Оцінка SPA за даними астрономічного альманаху (AA) за 2014, 2015, 2016 та 2024 роки.

Через складність алгоритму ми включили кілька прикладів у Додаток, щоб дати користувачам впевненість у їхніх покрокових обчисленнях. Ми також включили в Додаток пояснення того, як обчислити рівняння[50] часу, прохід сонця (сонячний полудень), схід, захід сонця та як змінити юліанський день на календарну дату. Ми також включили вихідний код C із заголовковим файлом для всіх обчислень у цьому звіті (крім перетворення юліанського дня в календарну дату). Користувачі можуть включити цей модуль у свій власний код, включивши файл заголовка, оголошуючи структуру SPA, заповнюючи необхідні вхідні параметри в структуру, а потім викликаючи

Функція розрахунку SPA. Ця функція обчислить всі вихідні значення та заповнить структуру SPA [51] для користувача. Користувачі повинні зазначити, що цей звіт використовується для розрахунку сонячного положення лише для застосування сонячної радіації, і що він є чисто математичним і не призначений для навчання астрономії чи опису обертання Землі. Щоб отримати додатковий опис астрономічної номенклатури, яка використовується у звіті, користувачеві пропонується переглянути визначення в астрономічних альманахах або інших астрономічних довідниках.

Для позиціонування фотоелектричних елементів в напрямку Сонця необхідно обчислити два основних параметри, а саме кутову висоту Сонця та азимутувий кут. Вони не можуть бути повторно використані для іншого проміжку часу через нахил Землі і її руху навколо Сонця.

Конвертація [52] градусів у радіани. Для математичних обчислень основною одиницею вимірювання плоских кутів вважається радіан, тому для перетворення градусів в радіан слід використовувати наступну формулу:

$$Rad = \frac{\pi \cdot \nu}{180}, \quad (3.1)$$

де ν – це градусна одиниця, яку потрібно перевести в радіани.

Меридіани місцевого стандартного часу. Меридіан місцевого стандартного часу вважається еталонним меридіаном, який використовується для певного часового поясу, а також нульовим меридіаном, якіє використовують для середнього часу за Гринвічем (рисунок 3.2).

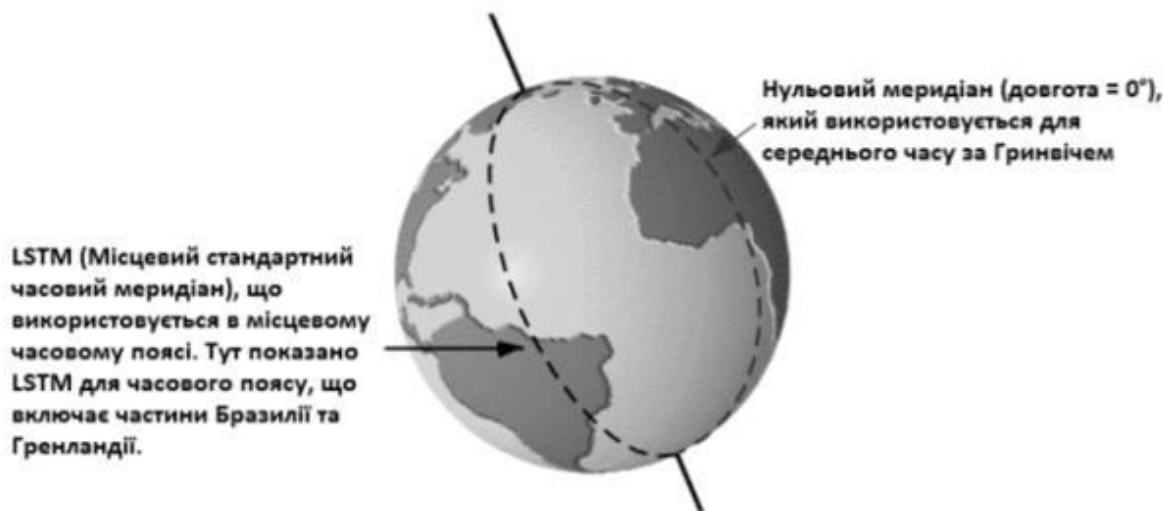


Рисунок 3.2. – Меридіан місцевого стандартного часу

Меридіан місцевого стандартного часу вираховується за формулою:

$$LSTM = 15 \cdot \Delta T_{UTC}, \quad (3.2)$$

де ΔT_{UTC} – це часовий пояс, який зазначений у Всесвітньому координованому часі (UTC).

Рівняння часу [53]. Так як Сонце рухається по екліптиці нерівномірно, тривалість сонячного дня змінюється протягом року, як це зображено на рисунку 3.3. Через ці зміни взимку в північній півкулі день триває довше ніж влітку в той час, як в південній півкулі - все навпаки.

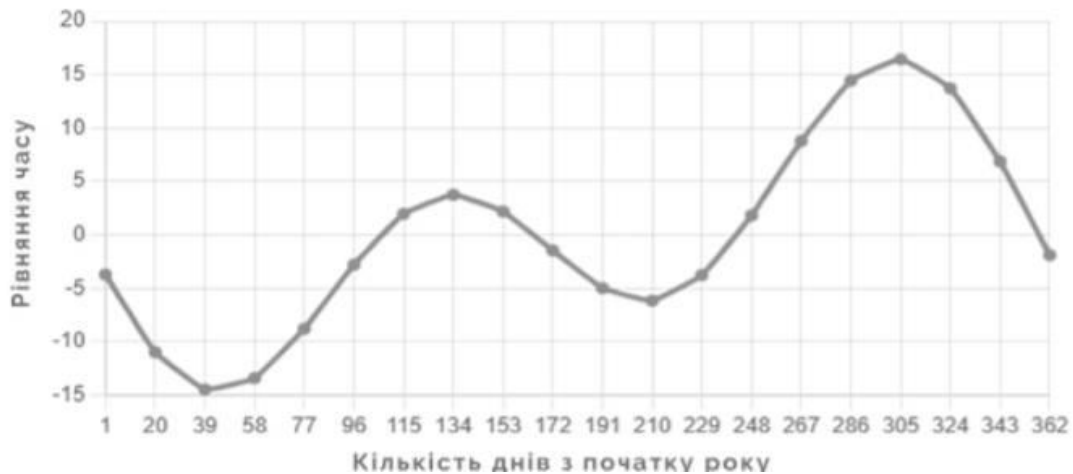


Рисунок 3.3. – Графік змін у рівнянні часу протягом року

Для визначення [55] рівняння часу потрібно скористатися нижче наведеною формулою:

$$EoT = 9.87 \cdot \sin(2 \cdot B_{rad}) - 7.53 \cdot \cos(B_{rad}) - 1.5 \cdot \sin(B_{rad}), \quad (3.3)$$

Де B визначається за формулою:

$$B = \frac{360}{365} \cdot (DY - 81), \quad (3.4)$$

де DY – це порядковий номер дня з початку року.

Корекційний коефіцієнт часу [56]. Корекційний коефіцієнт часу враховує зміни місцевого сонячного часу в межах даного часового поясу через зміни довготи в межах часового поясу, а також містить рівняння часу.

Корекційний коефіцієнт часу можна визначити за формулою:

$$B = 4 \cdot (\text{Longitude} - \text{LSTM}) \cdot \text{EoT}, \quad (3.5)$$

де Longitude – це координати довготи, рад;

LSTM – це меридіан місцевого стандартного часу;

EoT – це рівняння часу.

Місцевий сонячний час. Час який визначається в місці знаходження спостерігача видимим положенням Сонця на небесній сфері. Для визначення місцевого сонячного часу потрібно скористатися наступною формулою:

$$\text{LST} = H + \frac{\text{TC}}{60} + \frac{M}{60}, \quad (3.6)$$

де H – поточна година спостерігача;

M – поточна хвилина спостерігача;

TC – корекційний коефіцієнт часу.

Часовий кут перетворює місцевий сонячний час в число радіан на які Сонце рухається по небу. Часовий кут визначається за формулою:

$$\text{HRA} = \frac{15 \cdot \text{LST} \cdot \pi}{180}, \quad (3.7)$$

де LST – це місцевий сонячний час.

Кут схилення Сонця який являє собою кут між променями сонця і площиною екватора Землі. Даний кут змінюється в залежності від сезону через нахил Землі навколо своєї осі обертання і обертання Землі навколо Сонця. Кут схилення сонця можна обчислити за формулою:

$$\delta = \frac{23.45 \cdot \sin(B_{rad}) \cdot \pi}{180}, \quad (3.8)$$

де B - обчислюється за формулою 3.5

Кутова висота Сонця. Висота Сонця над горизонтом не є постійною величиною, вона змінюється протягом дня і залежить від широти конкретного місця і дня року. Щоб визначити кутову висоту Сонця протягом дня потрібно скористатися наступною формулою:

$$\begin{aligned} Elevation = & \arcsin((\sin(\delta) \cdot \sin(Latitude)) + \\ & + (\cos(\delta) \cdot \cos(Latitude) \cdot \cos(HRA)) \end{aligned} \quad (3.9)$$

де δ – кут схилення Сонця;

Latitude – координати широти, рад;

HRA – це часовий кут.

Таким чином, використовуючи формулу 2.9, для 19.10.2021 року і широти 49.80597.

Графік кутової висоти Сонця буде мати вигляд згідно рисунку 3.4.

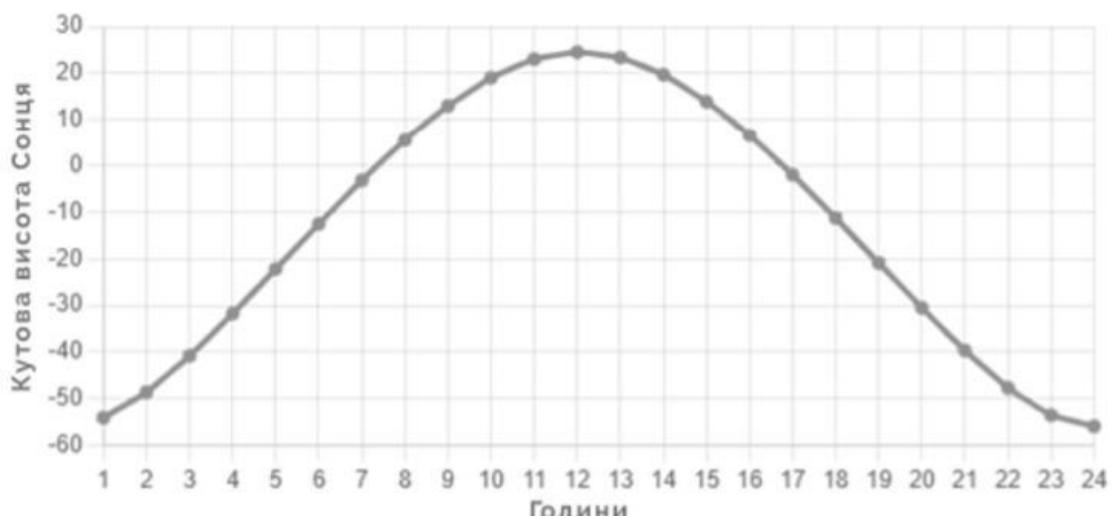


Рисунок 3.4 – Графік зміни кутової висоти Сонця протягом дня

Азимутальний кут. Азимутальний кут[57] являється напрямком компаса, з якого надходить сонячне світло, який зображена на рисунку 2.13. В час сонячного полудня сонце завжди знаходиться прямо на півдні в північній півкулі і прямо на півночі в південній півкулі.

У дні рівнодення сонце встає прямо на сході і сідає прямо на заході незалежно від широти, тому азимутальні кути в цей час складають рівно 90° на сході та 270° на заході. Проте азимутальний кут змінює кут від залежності широти і пори року.

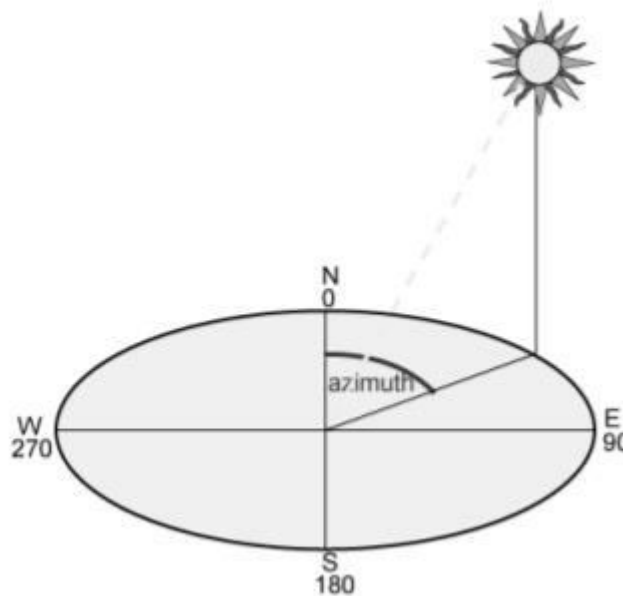


Рисунок 3.5 – Азимутальний кут

Азимутальний кут обчислюється за формулою:

$$Azimuth = \arccos\left(\frac{\cos(Latitude) \cdot \sin(\delta) - \cos(\delta) \cdot \sin(Latitude) \cdot \cos(HRA)}{\cos(Elevation)}\right), \quad (3.10)$$

де δ – кут схилення сонця;

Latitude – кут координати широти, рад;

HRA – це часовий кут;

Elevation – це часовий кут.

Часові зміни [59]. Щоб коректно керувати сонячним трекером потрібно визначити часові зміни, а саме тривалість дня, час сходу за заходу Сонця. Ці дані є необхідні, щоб налаштувати робочий час для коректної роботи сонячного трекера.

Розрахунок сходу та заходу скористаємося наступними формулами:

$$Sunrise = 12 - \frac{\arccos(A)}{0.261799} - \frac{TC}{60} \quad (3.11)$$

$$Sunrise = 12 + \frac{\arccos(A)}{0.261799} - \frac{TC}{60} \quad (3.12)$$

де TC – корекційний коефіцієнт часу;

A – визначається за формулою.

$$Sunrise = -1 \cdot \frac{\sin(Latitude) \cdot \sin(\delta)}{\cos(Latitude) \cdot \cos(\delta)} \quad (3.13)$$

де - Latitude координати широти, рад;

δ - кут схилення Сонця.

Тривалість дня розрахуємо за формулою:

$$DL = \frac{24}{\pi} \cdot \arccos(-\operatorname{tg}(Latitude) \cdot \operatorname{tg}(\delta)), \quad (3.14)$$

де Latitude - координати широти, рад;

δ - кут схилення Сонця.

3.2 Алгоритм автоматизованої роботи сонячного трекера

Запропонований метод розрахунку положено в основу алгоритму автоматизованої роботи сонячного трекера зображено на рисунку 3.6.

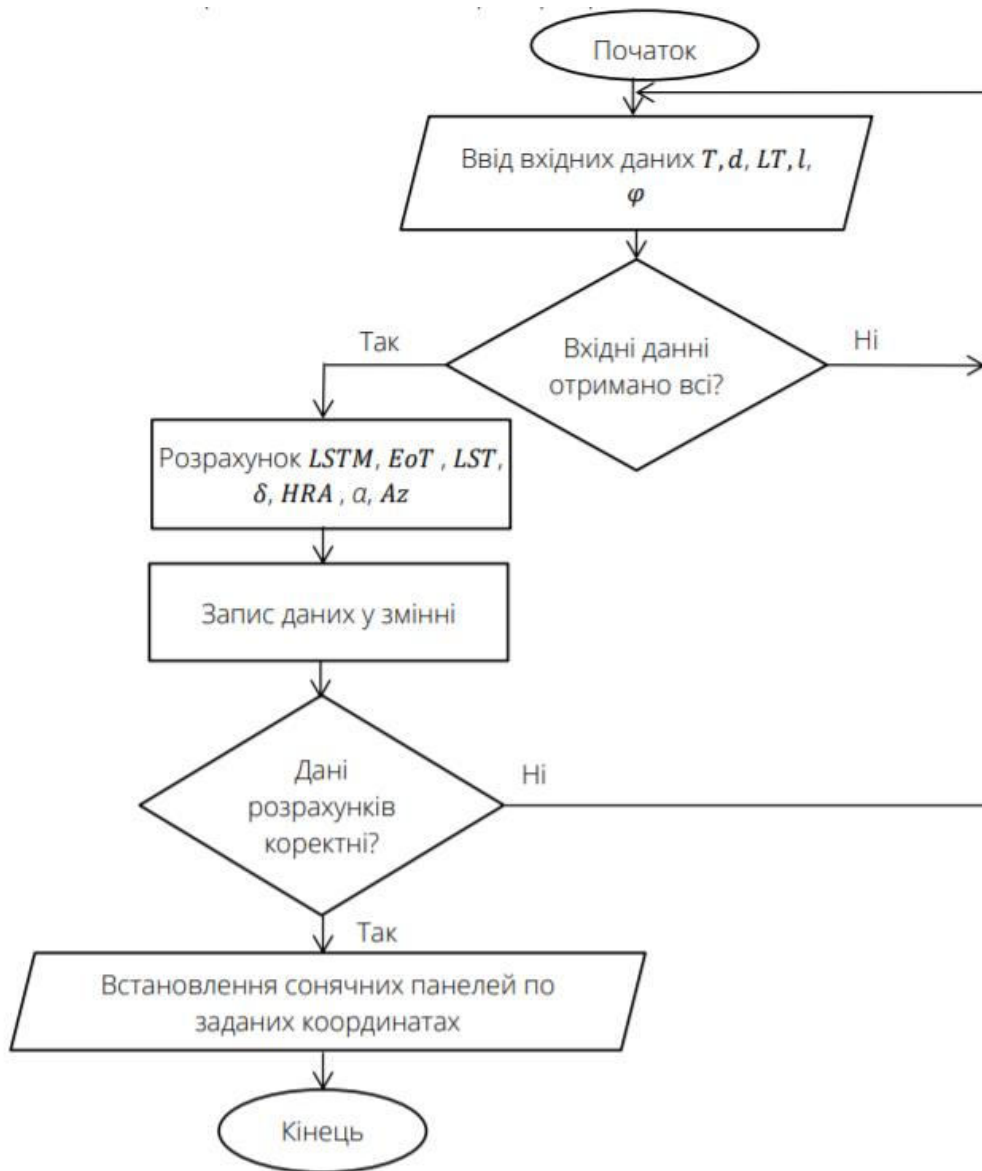


Рисунок 3.6 - Алгоритм автоматизованої роботи сонячного трекера

Вихідними даними алгоритму є часовий пояс T , кількість днів з початку року d , поточна година LT , координати довготи l та широти φ місця розташування сонячної електростанції [54]. На основі розрахунків кута висоти α та азимуту Az можна точно виявити знаходження Сонця та встановити сонячні панелі під оптимальним кутом до нього.

3.3 Блок схема роботи системи

Представлена блок-схема інтелектуального методу керування сонячною панеллю на рисунку 3.7.

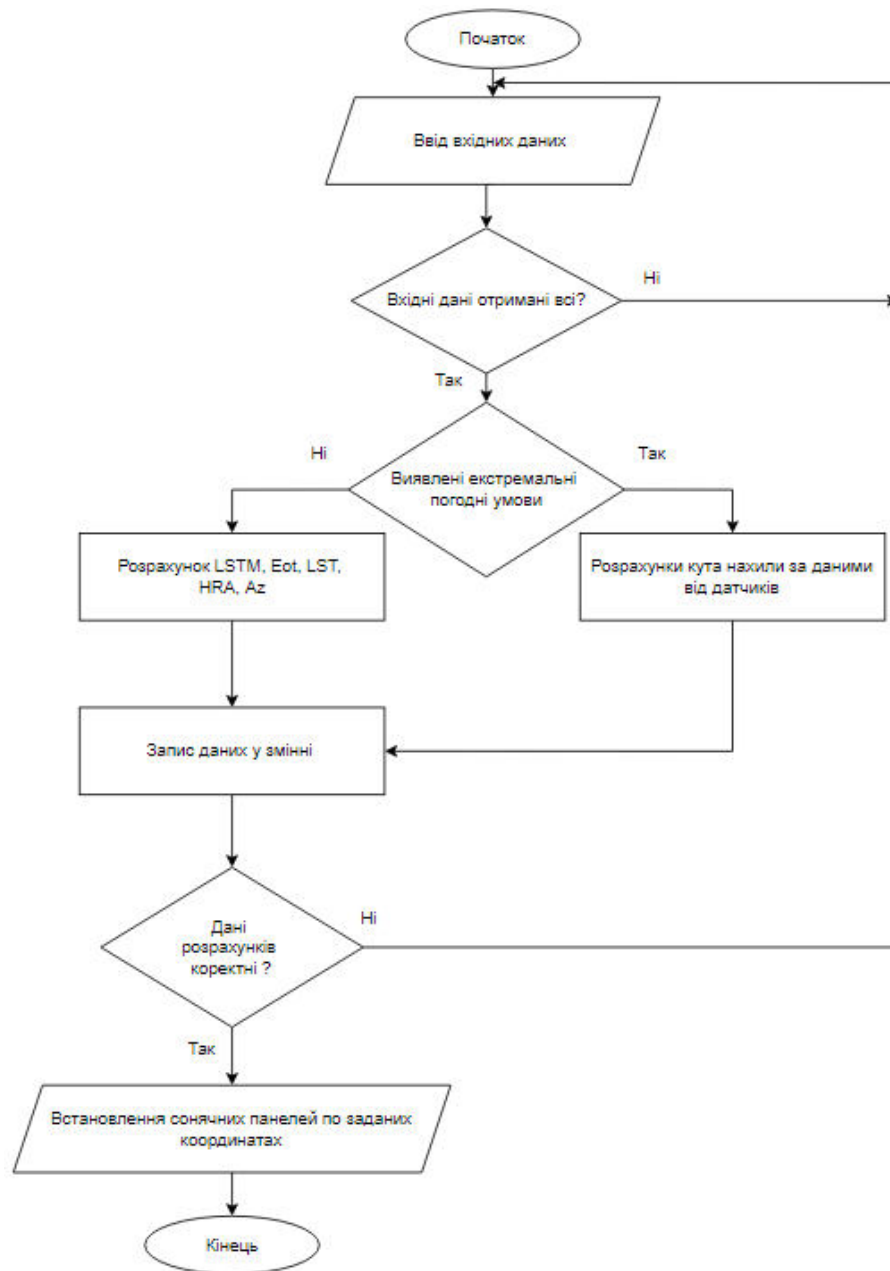


Рисунок 3.7 - Блок-схема інтелектуального методу керування сонячною панеллю

Проаналізувавши блок-схему методу інтелектуального методу керування сонячними панелями [62], після запуску відбувається ввід вхідних даних та перевіряється їх повнота, якщо вона не була досягнута то повертає на перевірку вхідних даних, після чого відбувається перевірка на екстремальні умови по типу:

- Сильні пориви вітру;
- Хмарність;
- Важкі опади.

Дані про погодні умови ми отримуємо на контролер через датчики вітру, освітлення, опадів. Відносно цих даних відбувається перевірка корегування сонячної панелі трекером, щоб забезпечити максимальну енергоефективність та уникнути часткового або повного ушкодження панелі та трекера.

Якщо не були виявлені екстремальні погодні умови то відбуваються математичні розрахунки, які були розписані у математичному забезпеченні у другому розділі магістерської роботи, та відбувається запис даних у зміні для їх подальшого використання у виставленні кута сонячних панелі.

Якщо дані проходять перевірку та являються коректними то встановлюється кут нахилу панелі за заданими координатами.

Під час калібрування вираховується оптимальний кут нахилу до Сонця. Після чого відбувається ініціалізація даних[63] від датчиків та корегується кут нахилу згідно даних датчиків, а саме швидкість вітру та його напрям, важкі осадки та хмарність. Завдяки цим даним трекер може скоригувати кут щоб уникнути пошкоджень конструкції або сонячної панелі. Після завершення процесу вивід даних у вигляді статистики годин та кут нахилу панелі протягом доби.

3.4 Програмна реалізація інтелектуального методу керування сонячною панеллю

Для програмної реалізації в Visual Studio було вибрано мову програмування C++ та представлено бібліотеки що використовувалися при написанні ПЗ наведені у таблиці 3.1

Таблиця 3.1 - Опис бібліотек

№	Бібліотека	Опис
1	Math.h	Використовується для викання прости математичних операцій
2	Stdlib.h	Вміщує в собі функції для виділення пам'яті, контролю процесу виконання програми.
3	Time.h	Вміщує в собі типи в тип і функції для роботи з датою і часом

Основні функції наведені у таблиці 3.2

Таблиця 3.2 - Опис Функцій

№	Функція	Опис
4	Rad	Переведення градусів в радіан
5	GetRandomAngle	Задає випадкове число кута
6	Button1_Click	Розраховує та виводить статистику кута сонячної панелі за день в richTextBox1
7	srand(time(NULL))	Ініціатор генератора випадкового числа
8	Rand()	Генератор псевдовипадкових чисел
9	comboBox1_SelectedIndexChanged	Вибір погодних умов: <ul style="list-style-type: none"> - вітер; - хмарність; важкі опади.

10	Button2_Click	Застосовує погодні умови в певний проміжок часу та вносить зміни в кут нахилу сонячної панелі згідно умов
11	Button3_Click	Стирає виведену статистику кута нахилу сонячної панелі.
12	Gradus	Конвертує радіани в градуси

Наступний крок після оголошення бібліотек це оголошення глобальних змінних. Глобальні зміни можуть використовуватись в будь-якій частині програми.

Лістинг 3.1

```
double Sunrise, Sunset;
int x;
int Tutc = 2; //UTC по Україні
int Longitude = 27; //довгота
int Latitude = 49; // Широта
int windangle; //напрямок вітру
double windspeed; //швидкість світла
int H1, H2, Part;
int cloud;
```

Функція Rad. Вона призначена для переведення градусів в радіани. Дана функція використовується в калібруванні та розрахунках кутів. Код функції Rad представлений в лістингу 3.2.

Лістинг 3.2 Код функції Rad

```
double Rad(float x)
{
    return (3.14 * x) / 180;
}
```

Функція `GetRandomAngle`. Призначена для задавання рандомного числа в заданому проміжку. Код програми `GetRandomAngle` наведено в лістингу 3.3.

Лістинг 3.3 `GetRandomAngle`

```
int GetRandomAngle(int min, int max)
{
    srand(time(NULL));

    int num = min + rand() % (max - min + 1);

    return num;
}
```

Завдання змінних які використовуються для обрахунку кута нахилу наведеного в лістингу 3.4.

Лістинг 3.4

```
double LSTM; //Меридіан місцевого стандартного часу
double EoT; //Рівняння часу
double B;
double TC; //корекційних кооф часу
double LST; //
int H; //година
int M; //хвилина
double HRA; //часовий кут
double del; //кут схилення сонця
double Elev; //кутова висота Сонця
double Azumut;
double Timem, Timeh;
double A;
double DL; //тривалість дня
double DY[365]; //День року
```

Завдання одновимірного масиву `DY[365]` для вибору дня року для виводу статистики по ньому, наведено в лістингу 3.5

Лістинг 3.5 Задання дня

```
for (int i = 1; i < 366; i++)
    DY[i] = i;
```

Для визначення азимута та кута нахилу сонячної панелі по ньому були використані формули які представлені в математичному забезпеченні. Код програми наведений в лістингу 3.6

Лістинг 3.6 визначення Азимута

```
B = 360 * (DY[x] - 81) / 365;
EoT = 9.87 * sin(2 * Rad(B)) - 7.53 * cos(Rad(B)) - 1.5 * sin(Rad(B));
LSTM = 15 * Tutc;
TC = 4 * (Rad(Longitude) - LSTM) + EoT;
LST = H + (TC / 60) + (M / 60);
HRA = (15 * LST * 3.14) / 180;
del = 23.45 * sin(Rad(B)) * 3.14 / 180;
Elev = asin(sin(del) * sin(Rad(Latitude))) + (cos(del) * cos(Rad(Latitude)) * cos(HRA));
Azumut = acos((cos(Rad(Latitude)) * sin(del) - cos(del) * sin(Rad(Latitude)) * cos(HRA)) / cos(Elev));
A = (sin(Rad(Latitude)) * sin(del)) / (cos(Rad(Latitude)) * cos(del)) * (-1);
Sunrise = 12 - (acos(A) / 0.261799) - TC / 60;
Sunset = 12 + (acos(A) / 0.261799) - TC / 60;
DL = 24 * acos(tan(Rad(Latitude)) * tan(del) * (-1)) / 3.14;
int kyt = (Azumut * 180) / 3.14;
```

Для визначення часу сходу та заходу Сонця було використані формули та наведені в лістингу 3.7

Лістинг 3.7

```
Sunrise = 12 - (acos(A) / 0.261799) - TC / 60;
Sunset = 12 + (acos(A) / 0.261799) - TC / 60;
```

Тривалість дня потрібна для визначення робочого часу на добу для сонячного трекера. Наведено в лістингу 3.8

Лістинг 3.8

```
DL = 24 * acos(tan(Rad(Latitude)) * tan(del) * (-1)) / 3.14;
```

Розрахунок та вивід статистики кута сонячної панелі по дню року наведено в лістингу 3.9. Статистика виводить по кожну годину та кут панелі в цей час Статистика виводиться в richTextBox1.

Лістинг 3.9 Розрахунок та вивід статистики

```

for (int j = 0; j <= 24; j++)
{
    if (j < Sunrise || j > Sunset)
    {
        for (int k = M; k <= 60; k = k + 30)
        {
            LST = H + (TC / 60) + (M / 60);
            del = 23.45 * sin(Rad(B)) * 3.14 / 180;
            HRA = (15 * LST * 3.14) / 180;
            Elev = asin(sin(del) * sin(Rad(Latitude))) + (cos(del) * cos(Rad(Latitude)) * cos(HRA));
            Azumut = acos((cos(Rad(Latitude)) * sin(del) - cos(del) * sin(Rad(Latitude)) * cos(HRA)) / cos(Elev));
            kyt = (Azumut * 180) / 3.14;
            M = M + 30;
            if (M >= 60)
                M = (M - 60);
        }

        if (Part == 0)
        {
            H++;
            richTextBox1->AppendText("Time = " + j + " Angle = " + kyt + " \n");
        }
    }
}

```

Кут вітру задається через функцію `GetRandomAngle()` та швидкість його задається через `TextBox`. Мінімальна швидкість вітру після якої трекер змінить кут сонячної панелі складає 12м/с. Якщо вітер був менший за цей показник то виводиться повідомлення, що швидкість вітру не є критичною і зміна положення кута панелі не є необхідним. Код наведений в Лістингу 3.10.

Лістинг 3.10

```

windspeed = System::Convert::ToInt64(textBox1->Text);
windangle = GetRandomAngle(0, 360);
if (windspeed > 0.0 && windspeed < 12.0)
{
    MessageBox::Show("Мінімальна швидкість вітру для зміну кута панелі 12м/с", "Повідомлення");
    label5->Visible = true;
}

```

Кут хмарності задається через функцію `GetRandomAngle()` та змінює по ній траєкторію панелі.

Напрямок вітру який задавали в лістингу 3.9 визначається за кутом, при якому 0 градусів є північ. Код наведений в лістингу 3.11.

Лістинг 3.11 Напрямок вітру.

```

if (windangle >= 336 && windangle < 24) label5->Text = "N";
else if (windangle >= 25 && windangle < 66) label5->Text = "NE";
else if (windangle >= 67 && windangle < 111) label5->Text = "N";
else if (windangle >= 111 && windangle < 156) label5->Text = "SN";
else if (windangle >= 156 && windangle < 201) label5->Text = "S";
else if (windangle >= 201 && windangle < 246) label5->Text = "SW";
else if (windangle >= 246 && windangle < 291) label5->Text = ("W");
else label5->Text = "NW";

```

При силі вітру більшу ніж 12м/с сонячні панелі встановлюють паралельно в напрямку вітру. Код наведений в лістингу 3.12

Лістинг 3.12

```

if (Part == 1 && j >= H1 && j <= H2 && H1 != 0 && H2 != 0)
{
    kyt = 180;
    H++;
    richTextBox1->AppendText("| + j + kyt + windangle + " \n");
}

```

При хмарності панелі встановлюються в кут який задає було відповідає кута напрямку найяскравішої точки . Код наведений в лістингу 3.13

Лістинг 3.13

```

else if (Part == 2 && j >= H1 && j <= H2 && H1 != 0 && H2 != 0)
{
    kyt = cloud;
    H++;
    richTextBox1->AppendText("Time = " + j | + kyt + " \n");
}

```

При важких опадах панелі повертають на 90 градусів та в напрямку вітру. Код представлений в лістингу 3.14.

Лістинг 3.14

```

else if (Part == 3 && j >= H1 && j <= H2 && H1 != 0 && H2 != 0) {
    kyt = 90;
    H++;
    richTextBox1->AppendText("Time = " + j | + kyt + windangle + " \n");
}

```

Код кнопки «Очистити» статистики кутів сонячного трекера та годин представлена в лізингу 3.15

Лізинг 3.15

```
private: System::Void button3_Click(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {
    richTextBox1->Clear();
}
}
```

3.5 Висновки

Було проведено математичне забезпечення оскільки сонячний зеніт, азимут і кути падіння не вказуються в астрономічному альманасі (АА), для оцінки використовуються [] наступні параметри сонця: основні параметри (довгота і широта екліптики для середнього рівнодення дати, видиме пряме сходження, видиме схилення), а також параметри коригування (нутація по довготі, нутація по нахилу, нахил екліптики та справжня геометрична відстань). Точні тригонометричні функції використовуються разом із параметрами сонця, про які повідомляє АА, для обчислення кутів зеніту та азимуту Сонця, тому є достатнім для оцінки невизначеності SPA за допомогою цих параметрів.

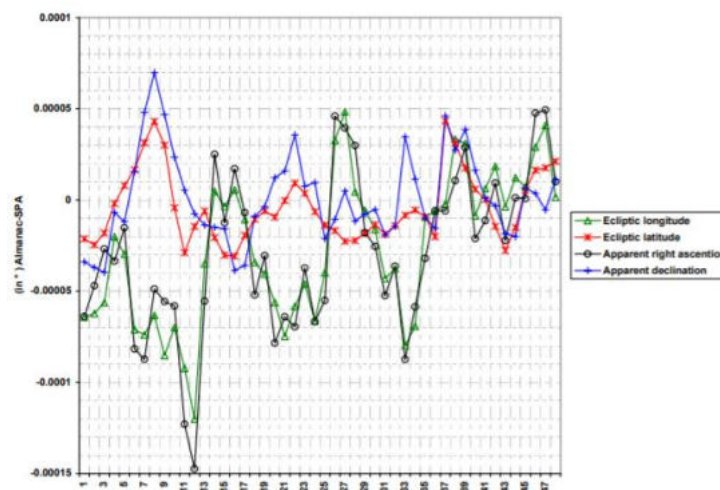


Рисунок 3.8 - Різниця між Альманахом і SPA для екліптичної довготи, екліптичної широти, видимого прямого сходження, і явне відхилення в другий день кожного місяця на 0-ТТ для 2014, 2015, 2016 і 2024 років

Щоб оцінити невизначеність SPA[60], ми вибрали другий день кожного місяця для кожного з 2014, 2015, 2016 та 2024 років о 0 годині за наземним часом

(ТТ). На рисунку 3.8 видно, що максимальна різниця між АА і Основні параметри SPA $-0,00015^\circ$.

На рисунку 3.9 показано, що максимальна різниця між АА і СПА для розрахунку зенітного або азимутального кута становить $0,00003^\circ$ і $0,00008^\circ$ відповідно.

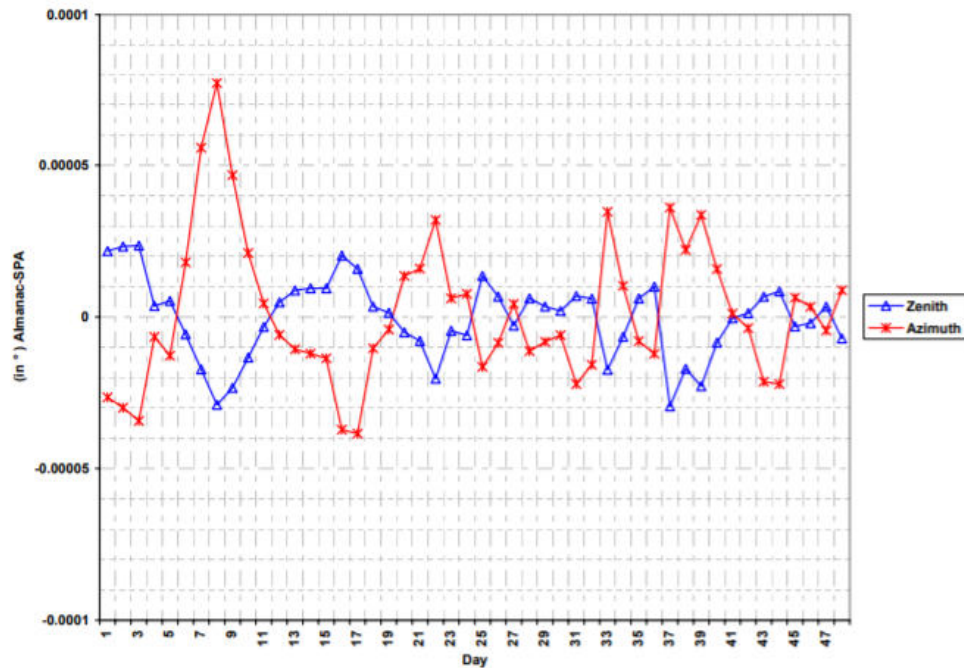


Рисунок 3.9 - Різниця між Альманахом і СПА для кутів сонячного зеніту та азимуту на другий день кожного місяць на 0-ТТ за 2014, 2015, 2016, 2024 роки

Це означає, що SPA знаходиться в межах заявленої невизначеності $\pm 0,0003^\circ$.

В результаті було розроблено програмне забезпечення, яке реалізує інтелектуальний метод керування сонячною панеллю в Visual Studio. Були проаналізовані функції, програмний код та продемонстрований його функціонал на прикладах розрахунку статистики кута трека сонячної панелі під час вітру, хмарності та осадків та продемонстроване в програмному вигляді.

4 ЕКСПРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО МЕТОДУ ТА ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ КЕРУВАННЯ СОНЯЧНОЮ ПАНЕЛЛЮ

4.1 Розрахунок потужності сонячної панелі без трекара

В процесі розробки сонячного трекара були проведені вимірювання значень вихідних струму та напруги при стаціонарному встановленні сонячної панелі без використання трекара у напрямку на південь, за умов інтенсивного сонячного випромінювання. Дані вимірювань наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 Дані роботи сонячної панелі без використання трекара

Час T, год	Струм I, А	Напруга U, В	Потужність P, Вт
7	0,25	5,1	1,28
8	0,25	5,15	1,29
9	0,26	5,2	1,35
10	0,27	5,3	1,43
11	0,29	5,5	1,60
12	0,31	5,7	1,77
13	0,32	5,8	1,86
14	0,3	5,7	1,71
15	0,29	5,6	1,62
16	0,28	5,5	1,54
17	0,26	5,4	1,40
18	0,25	5,3	1,33
19	0,24	5,2	1,25

Вихідну потужність було розраховано за формулою 4.1

$$P = U \cdot I \quad (4.1)$$

Зробивши висновки з даних наведених у таблиці 4.1 було побудовано графік потужності сонячної панелі від часу доби та наведено у рисунку 4.1

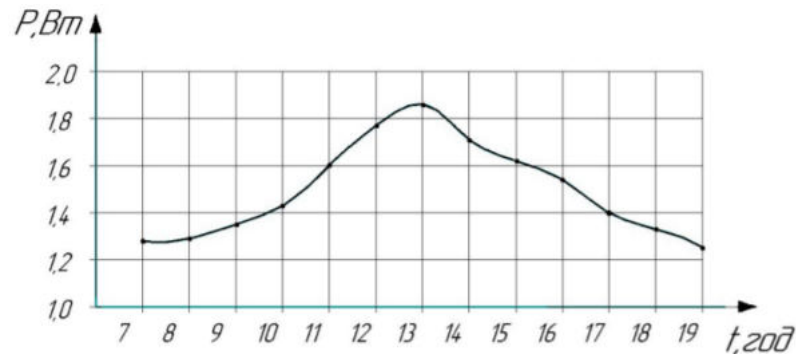


Рисунок 4.1 Графік залежності потужності, яку виробляє сонячна панель під час доби при стаціонарній установці

З наведеного графіка можемо зробити висновки, що панель працює вранці на низькій потужності, після чого плавно піднімається до максимального значення опівдні після чого знову плавно знижується до мінімальної потужності ввечері. При цьому середня добова потужність становить 1,43 Ват.

У другому експерименті було виміряно дані вихідного струму та вихідної напруги з сонячної панелі за умови її установки на двовісному сонячному трекері, за умови інтенсивного сонячного випромінювання. Отримані дані були систематизована та наведені у таблиці 4.2. Значення вихідної потужності були розраховані за формулою 4.1. На рисунку 4.2 зображено графік залежності вихідної потужності від часу доби, за умови використання трекера.

Таблиця 4.2 Дані роботи сонячної панелі з використання трекера

Час T, год	Струм I, А	Напруга U, В	Потужність P, Вт
7	0,28	5,6	1,56
8	0,28	5,65	1,56
9	0,29	5,7	1,65
10	0,29	5,7	1,65
11	0,30	5,7	1,71

12	0,31	5,9	1,83
13	0,32	5,9	1,89
14	0,31	5,8	1,80
15	0,30	5,7	1,71
16	0,29	5,7	1,65
17	0,28	5,6	1,57
18	0,28	5,6	1,57
19	0,27	5,5	1,49

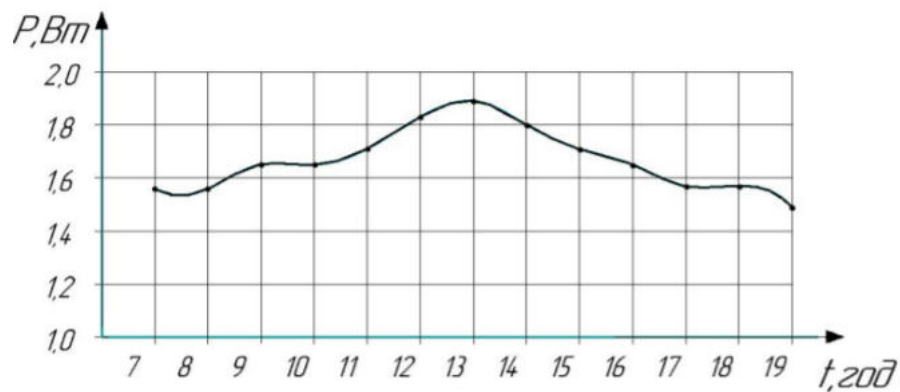


Рисунок 4.2 Графік залежності потужності, яку виробляє сонячна панель від часу доби при установці на двовісного трекера.

Проаналізувавши графік з рисунка 4.2 можна зробити висновок, що вихідна потужність при використанні двовісного трекера є більш стабільною та енергоефективною, при порівнянні графіка вихідної напруги сонячного двовісного трекера та без нього зображено на рисунку 4.3.

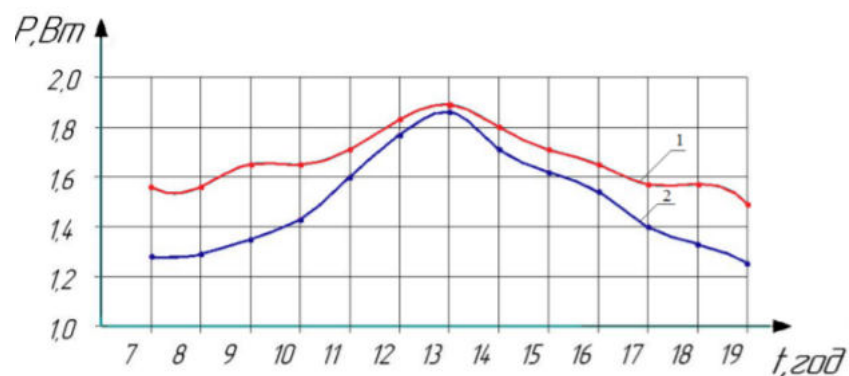


Рисунок 4.3 графіки порівняння вихідної потужності з трекером(1) та без нього(2)

Середня вихідна потужність панелі з трекером становить 1,71 Ват що на 0,28 Ват більше ніж у стаціонарно встановленої сонячної батареї.

З проведеного дослідження випливає, що використання трекера є повністю обґрунтованим, оскільки значно підвищує продуктивність сонячної панелі, що і видно з графіка, представленого на рисунку 4.3. Завдяки використанню двовісного трекера сонячна панель працює максимально продуктивно і має можливість перетворювати значно більше енергії сонячного світла в електричну енергію.

Також робота сонячної панелі при використанні сонячного трекера є більш стабільною, оскільки підвищує продуктивність, а також зменшує час окупності сонячної панелі і всієї конструкції в цілому.

4.2 Дослідження та порівняння методів

На даний момент, сонячні електростанції є одним із найперспективніших напрямів відновлюваної енергетики. Як правило, для промислових сонячних електростанцій застосовується монтаж сонячних панелей під певним фіксованим кутом. При цьому, ефективність сонячних панелей значним чином залежить від кута падіння сонячних променів. Тому, альтернативним варіантом для сонячних електростанцій є монтаж сонячних панелей на рухомих одновісних чи двовісних кріпленнях, які керуються системою стеження за сонцем (сонячним трекером). Хоча вартість таких кріплень набагато вища, ніж нерухомих, значне зростання ефективності установки [3] знижує період її окупності (рисунок 4.4). Трьома основними способами керування рухомими сонячними панелями є[3]:

- керування за фотодіодом;
- керування за азимутальним кутом та кутом нахилу;

-керування за математичним розрахунком позиції Сонця.

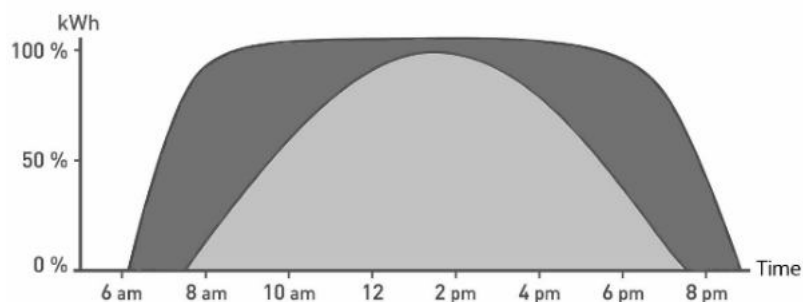


Рисунок 4.4 Порівняння ефективності фіксованих сонячних панелей(світло-сіра зона) та сонячних панелей що рухомі у двох осях (темно-сіра зона)

Кожен із цих підходів має свої переваги і недоліки. Наприклад, керування позицією сонячних панелей за показниками освітленості, що вимірюються світлодіодами, встановленими на панель, передбачає періодичне їх очищення та обслуговування, в той час як розрахунок позиції за математичними формулами втрачає свою ефективність у випадку хмарної погоди або наявності природних та штучних перешкод довкола сонячних панелей (дерев, будинків, тощо). В дипломній роботі було запропоновано програмне забезпечення для дослідження зміни потужності сонячних панелей від кута падіння променів, яке дозволяє отримати дані щодо ефективності сонячної панелі при різних азимутах та кутах нахилу до горизонту. Програмне забезпечення формує образ, приклад графічного представлення якого подано на рисунку 4.5

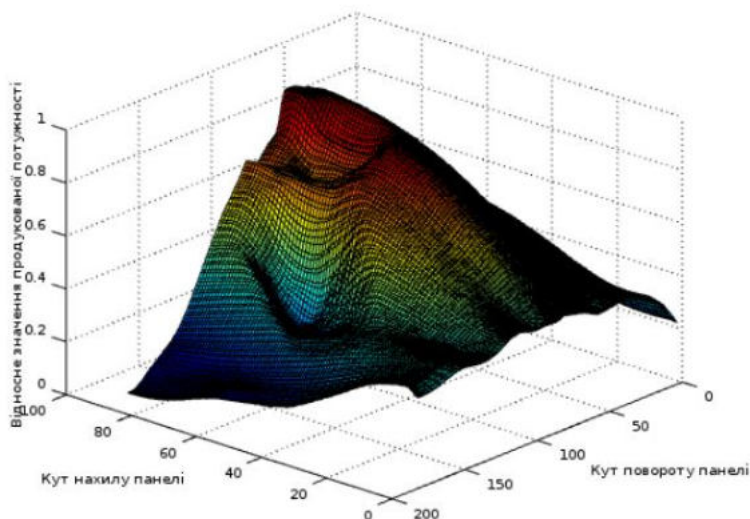


Рисунок 4.5 Приклад графічного представлення про ефективність сонячних панелей від кута нахилу та азимуту

Проведення вимірювань та побудови образу займає близько 10 хвилин, тому проведення повного вимірювання та пошуку панелей батарей, що дає максимальну ефективність, є неефективним для використання в системі позиціонування панелей у реальному часі. Проте, сама система може бути використана для вирішення завдань пошуку оптимальних положень, якщо на базі забезпечення розробленого програмного та оптимізованого обладнання буде імплементовано координаційні методи за нашим пошуком. Ось такі методи пошуку оптимальної результативності вимірювання з точки зору потужності сонячних панелей у реальному часі.

За допомогою розробленого програмного забезпечення на основі математичної моделі було сформовано 2 тестові зразки. На основі 2 змодельованих образів та 3 експериментальних образів, сформованих у роботі, було проведено порівняння ефективності методів узгодженого пошуку максимуму при знаходженні позиції сонячної панелі з максимальною потужністю початку продукуючого струму, при пошуку з вільної точки. Для цього на базі мови програмування середовища Visual Studio C++ було розроблено імплементатії методів координаційного підходу, у вигляді функцій, які приймають значення матриці 180 на 90 і повертають наступні:

- 1) позицію максимуму, що була знайдена методом;
- 2) кількість кроків повороту панелі, за яку був максимум.

Оскільки кожен знайшли з методів притаманної наявності похибок через вразливість для знаходження локальних поворотних панелей замість глобальних, при проведених порівняльних дослідженнях, поставлено наступні умови:

- 1) кожен із методів операцій був один зразок 1000 разів, починаючи пошук максимуму із випадкових позицій;
- 2) після завершення роботи методу, значення знайденого максимуму вирівнювалося з попереднім відомим правильним значенням, і, якщо вони не співпадали, зараховувався промах;
- 3) при зарахуванні промаху, обчислювалася евклідова відстань від точок справжнього максимуму до точки, який метод встановлення як максимум;
- 4) після завершення 1000 спроб відбувається обчислення середнього ряду кроків для досягнення максимуму, відсотка промахів у загальному експерименті та середнє значення евдової відстані від справжнього максимуму до помилкового знайденого тестового методу

Таблиця 4.3 Використання методу поординатного підйому для вирішення задачі знаходження оптимальної позиції сонячної панелі

Образ Характеристика	Відношення кількості промахів до загальної кількості експериментів	Середня евклідова відстань фактичного результату до дійсного максимуму	Середня кількість кроків до досягнення максимуму (1 крок рівний одному повороту на 1 градус по будь-якій осі)
Експериментальний образ 1	0	0	1568.4
Експериментальний образ 2	0.852	3.3057	1499.5

Експериментальний образ 3	0	0	1437.7
Модельний образ 1	0	0	1557.3
Модельний образ 2	0	0	1438.7

Таблиця 4.4 – Використання методу Хука-Дживса для вирішення задачі знаходження оптимальної позиції сонячної панелі.

Образ Характеристика	Відношення кількості промахів до загальної кількості експериментів	Середня евклідова відстань фактичного результату до дійсного максимуму	Середня кількість кроків до досягнення максимуму (1 крок рівний одному повороту на 1 градус по будь-якій осі)
Експериментальний образ 1	0.075	0.33541	1952.1
Експериментальний образ 2	0.211	0.47181	1868
Експериментальний образ 3	0.558	1.995	1968.2
Модельний образ 1	0	0	1480.1
Модельний образ 2	0	0	1485.7

Таблиця 4.5 – Використання методу Розенброка для вирішення задачі знаходження оптимальної позиції сонячної панелі.

Образ Характеристика	Відношення кількості промахів до загальної кількості експериментів	Середня евклідова відстань фактичного результату до дійсного максимуму	Середня кількість кроків до досягнення максимуму (1 крок рівний одному
-------------------------	--	--	--

			повороту на 1 градус по будь-якій осі)
Експериментальний образ 1	0.074	0.33094	1876.1
Експериментальний образ 2	0.218	0.48746	1805.9
Експериментальний образ 3	0.556	17.93	1903.1
Модельний образ 1	0	0	1393
Модельний образ 2	0	0	1446.4

Таблиця 4.6 – Використання інтелектуального методу для вирішення задачі знаходження оптимальної позиції сонячної панелі.

Образ Характеристика	Відношення кількості промахів до загальної кількості експериментів	Середня евклідова відстань фактичного результату до дійсного максимуму	Середня кількість кроків до досягнення максимуму (1 крок рівний одному повороту на 1 градус по будь-якій осі)
Експериментальний образ 1	0.079	0.35443	1875.1
Експериментальний образ 2	0.205	0.43561	1801.4
Експериментальний образ 3	0.590	19.245	1908.2
Модельний образ 1	0	0	1440.1
Модельний образ 2	0	0	1502.7

Перш за все, слід зазначити, що на модельованих образах, всі алгоритми визначили глобальні максимуми безпомилково, затративши на це меншу кількість кроків, порівняно з пошуком максимуму на експериментальних образах. Щодо

експериментальних образів, то методи безпомилково знайшли максимум у випадку 2 і 3 образів. Невеликий відсоток промахів спостерігається на образі 1 та 2. Ймовірно, безпомилкова класифікація глобального максимуму на образі 3 та класифікація з відносно низьким відсотком помилок на образі 2, які були отримані у хмарну погоду, пов'язана зі специфікою алгоритмів пошуку даними методами на поверхні, де чітко прослідковувалися коливання по одній з осей при малих змінах значень по іншій[4]. Найбільша кількість помилок була зафіксована на образах 3 та 5. Щодо образу 3, слід зазначити, що через хмарну погоду даний образ відрізняється неправильними формами та локальними максимумами. При цьому, образ 5 за формою нагадує модельовані образи, однак методи при визначенні максимуму на ньому помилялися найчастіше. При зближенні на рисунку 4.6, видно, що даний образ не має гладкої поверхні, як модельовані образи, а містить велику кількість локальних максимумів з неглибокими локальними мінімумами між ними.

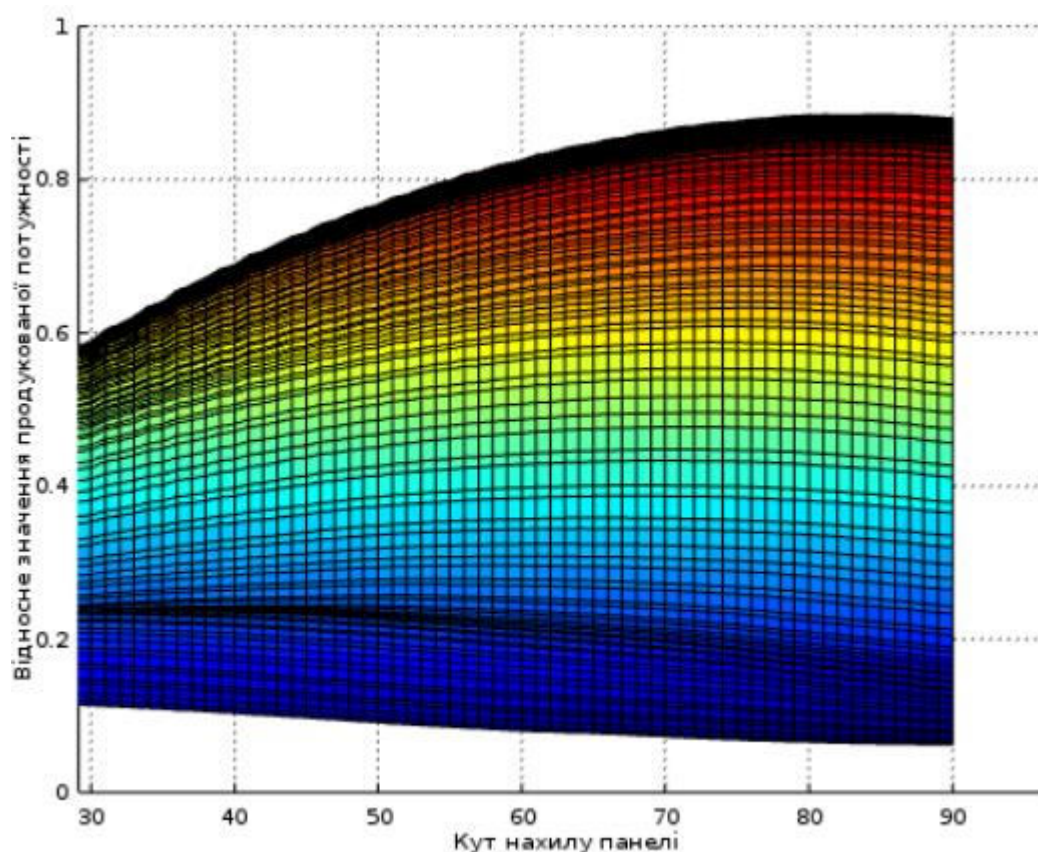


Рисунок 4.6 Фрагмент поверхні образу 3 на зближенні

При цьому слід позначити, що за максимум результатів методів при пошуку в образах 1 і 2, образ 3 хоча і має високий відсоток промахів (приблизно 0,84 проти 0,56 відповідно), однак середня евклідова відстань між знайденим локальним максимумом та глобальним максимумом при пошуку на образі 2 становила близько 3,3 ступеня проти 18 на освіту 1. Це означає, що попри непопадання в поточний глобальний максимум, методи дозволили знайти значення, яке локальне знаходилося неподалік від нього.

4.3 Зняття вольт-амперної характеристики сонячної панелі

При розробці інтелектуального методу з трекера були зняті вольт-амперні характеристики сонячної панелі при різній освітленості: в умовах яскравого сонячного світла, хмарності, різних кутах нахилах. Наведемо таблиці залежностей ВАХ при яскравому сонячному випромінюванні і різними умовами, де:

1. $Im1$ - площа сонячної батареї перпендикулярна Сонцю;
2. $Im2$ - площа сонячної батареї перпендикулярна до Сонця і батарея знаходиться за склом;
3. $Im3$ - між сонячним випромінюванням і площиною сонячної батареї 60 градусів;
4. $Im4$ - між сонячним випромінюванням і площиною сонячної батареї 60 градусів і батарея знаходиться за склом.

Наведемо таблиці залежностей ВАХ при яскравому сонячному випромінюванні і різними умовами, де $Im1$ - площа сонячної батареї перпендикулярна Сонцю; $Im2$ - площа сонячної батареї перпендикулярна до Сонця і батарея знаходиться за склом; $Im3$ - між сонячним випромінюванням і площиною сонячної батареї 60 градусів; $Im4$ - між сонячним випромінюванням і площиною сонячної батареї 60 градусів і батарея знаходиться за склом.

Таблиця 4.7 – ВАХ сонячної батареї за умов l_{m1} і l_{m2}

R, Ом	l_{m1}			l_{m2}		
	U, В	I, мА	P, мВт	U, В	I, мА	P, мВт
6.7	0.83	125	103	0.7	104	71
44.7	5.21	117	606	4.22	95	396
110.4	9.85	90	878	6.64	79	674
252.7	12.86	52	654	12.02	48	571
477	13.31	29	372	12.28	37	443

Таблиця 4.7 – ВАХ сонячної батареї за умов l_{m1} і l_{m2}

R, Ом	l_{m3}			l_{m4}		
	U, В	I, мА	P, мВт	U, В	I, мА	P, мВт
6.7	0.8	95	103	0.7	85	71
44.7	5.1	80	606	4.22	68	396
110.4	8.4	70	878	6.64	57	674
252.7	11.94	42	654	12.02	35	571
477	12.21	19	372	12.28	10	443

Проінтерполюємо знайдені значення і представимо отримані ВАХ у вигляді графіка на рисунку 4.7.

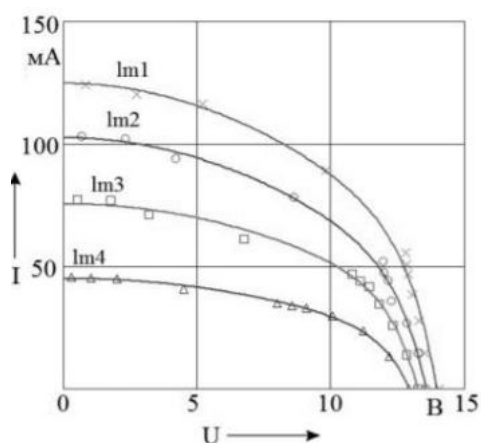


Рисунок 4.7 – ВАХ сонячної батареї при різних освітленості

В результаті інтерполяції була використана формула, яка визначає функції ВАХ сонячної батареї:

$$f(u, K) = K_0 + K_1 e^u + K_2 u^2 \quad (4.1)$$

Де u напруга СП;

K_0 - K_2 коефіцієнти інтерполяції.

Можемо зробити висновок про те, що сонячна батарея втрачає 20-25% потужності, якщо розташувати її за склом, яке буде відбивати частину сонячного випромінювання. Більший кут між площиною сонячної батареї і сонячним випромінюванням відповідно також зменшує енергетичне вироблення. Проінтерполюємо і представимо графік залежності потужності СБ від опору навантаження $P(R)$ на рисунку 4.3. Для спрощення задачі знаходження кривих $P(R)$ скористаємося методом інтерполяції сплайнами, як швидким і ефективним способом інтерполяції функцій. При яскравому сонячному світлі в разі $Im1$ навантаження в 110,4 Ом показує найбільшу потужність, але для проведення основного експерименту і для подальшої експлуатації пристрою встановимо навантаження в 230 Ом. З даним навантаженням трекер буде видавати потрібну генерацію електроенергії в умовах хмарності, а також буде краще реагувати в приміщеннях при штучному освітленні. Зняті залежності (особливо розрахована залежність потужності СБ від опору) показово демонструють, що в залежності від навантаження робоча точка сонячної батареї може бути зрушена в область мінімальної або навіть нульової генерації. Внаслідок цього важливим моментом є узгодження сонячної батареї з навантаженням.

4.4 Приклад роботи та інтерфейсу програми

Інтерфейс програми розроблений за допомогою windows form (рисунок 4.8).

Були використанні наступні елементи:

- чотири елементи textBox;
- один елемент richTextBox;
- один елемент comboBox;
- три елемента button;
- сім елементів.

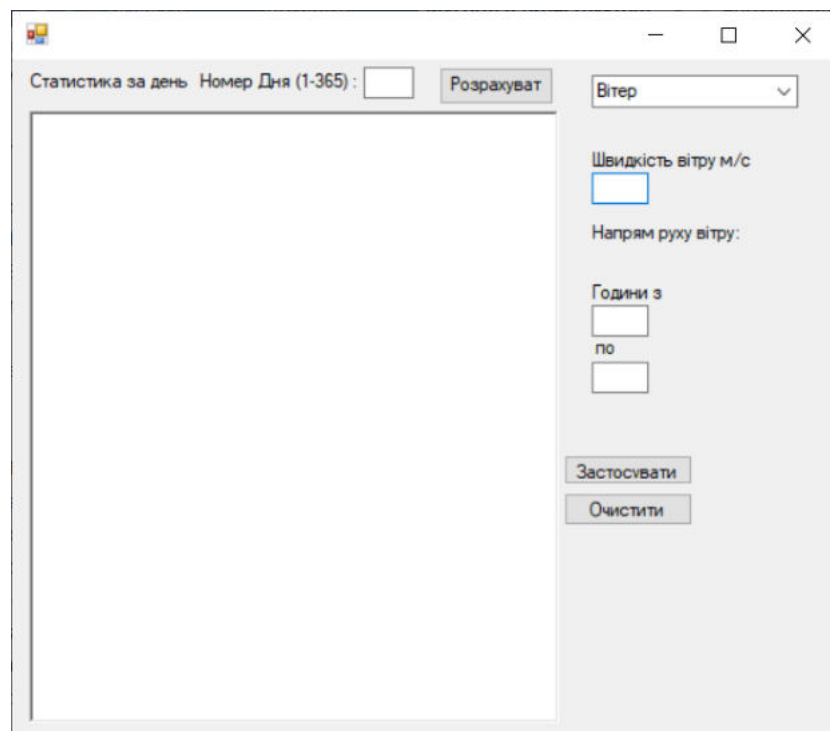


Рисунок 4.8 - Приклад інтерфейсу інтелектуального методу

Для початку роботи в додатку потрібно ввести день року від 1 по 365, після чого натиснувши кнопку Розрахувати в елементі richTextBox1 буде виведено час схід та заходу Сонця та статистику кута нахилу сонячного трекера за добу та еквівалентні години. Для прикладу розрахуємо кут нахилу сонячної панелі за 65 добу, зображено на рисунку 4.9.

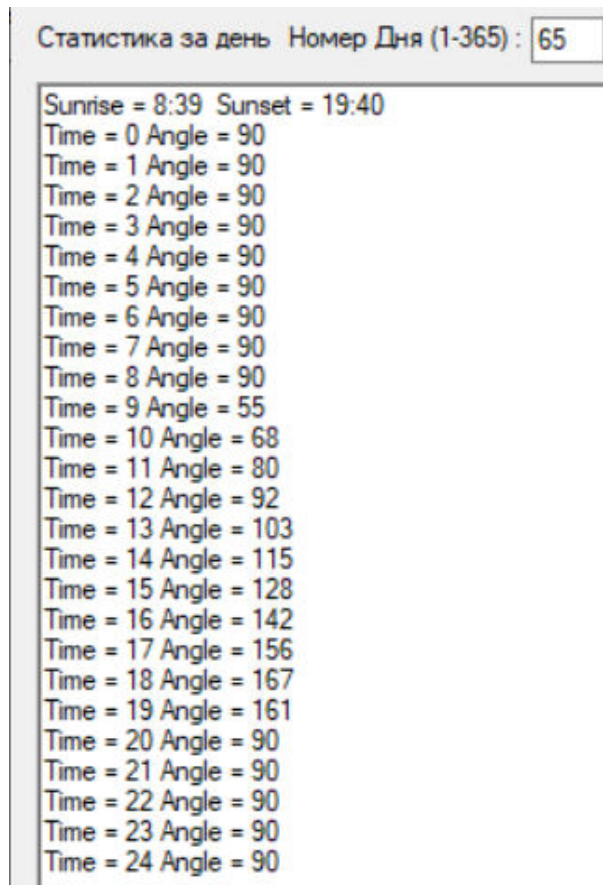


Рисунок 4.9 - Приклад роботи додатку і виводу даних за 65 добу

Розглянемо погодні умови які ми можемо вибрати в елементі comboBox1. Даний елемент являє собою випадаючий список вибору погодних умов таких ,як вітер, хмарність та важкі опади зображено на рисунку 3.4. `

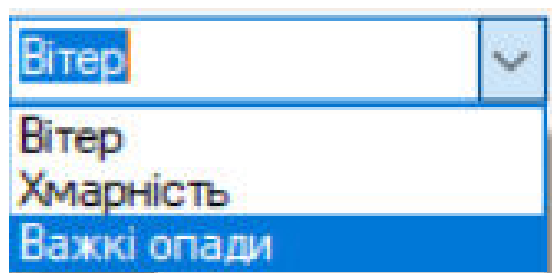
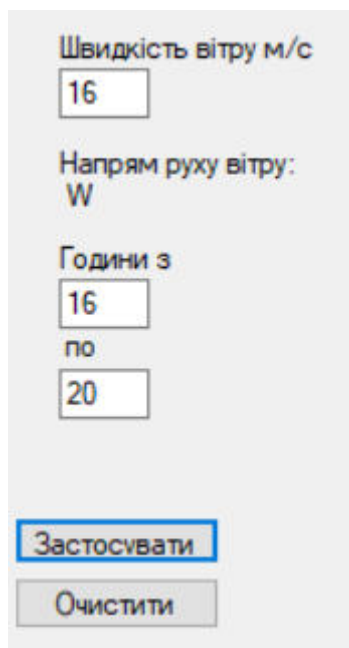


Рисунок 4.10 - Вибір погодних умов

Завдання швидкості вітру в м/с та час з якої по котру він годину задаються в три елементи textbox та після натискання кнопки «Застосувати» данні вітру вводяться та здійснюється виведення напрямку вітру в label. Для прикладу уведемо

швидкість вітру в 16м/с так, як встановлена мінімальна швидкість вітру, яка впливає на положення панелі становить 12м/с. Якщо буде встановлений вітер менше за цей показник, то з'явиться повідомлення (рисунок 3.6), та встановимо час з шістнадцятої до двадцятої години. Параметри вітру зображені на рисунку 4.11.



Швидкість вітру м/с
16

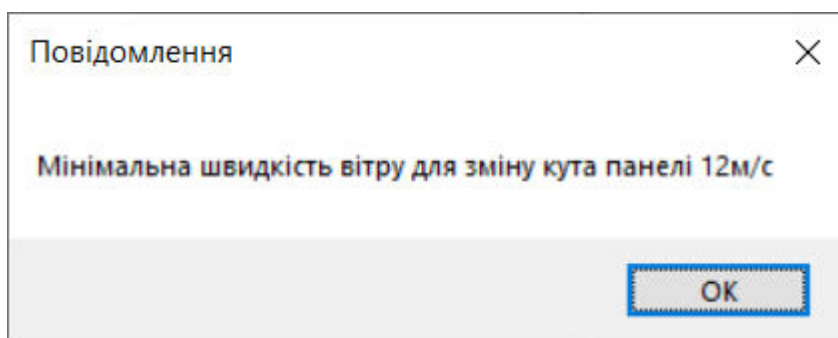
Напрямок руху вітру:
W

Години з
16
по
20

Застосувати

Очистити

Рисунок 4.11 - Параметри вітру



Повідомлення

Мінімальна швидкість вітру для зміну кута панелі 12м/с

OK

Рисунок 4.12 - Мінімальне значення швидкості вітру

Щоб показники вплинули на кут повороту трекера сонячної панелі потрібно натиснути кнопку «Розрахувати» зі заданим вітром. Результат на рисунку 4.13.

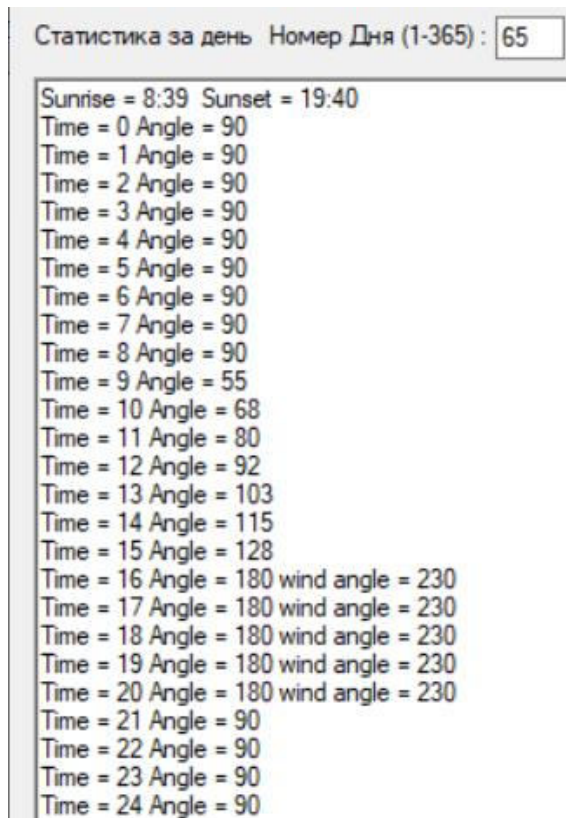


Рисунок 4.13 - Результат програми за заданим вітром

Для завдання хмарності потрібно задати години та застосувати їх і розрахувати. Кут нахилу сонячної панелі буде залежати від датчика освітлення та поверне сонячні панелі напрямку найяскравішої точки на небі. Приклад зображено на рисунку 4.14.

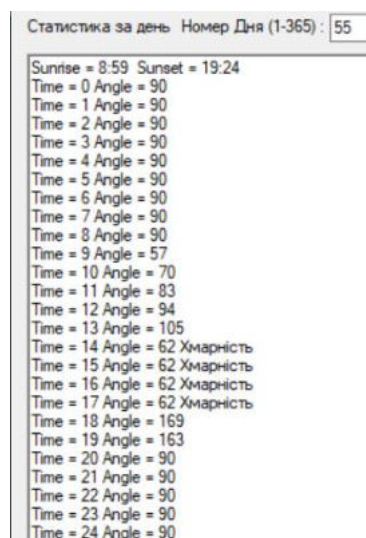


Рисунок 4.14 - Результат програми за заданою хмарністю

Щоб задати важкі осадки потрібно задати швидкість вітру та час з якої години по котку, будуть осадки. Важкі осадки визначаються датчиком граду. Приклад зображено на рисунку 4.15.

```

Статистика за день  Номер Дня (1-365) : 55
Sunrise = 8:59  Sunset = 19:24
Time = 0 Angle = 90
Time = 1 Angle = 90
Time = 2 Angle = 90
Time = 3 Angle = 90
Time = 4 Angle = 90
Time = 5 Angle = 90
Time = 6 Angle = 90
Time = 7 Angle = 90
Time = 8 Angle = 90
Time = 9 Angle = 57
Time = 10 Angle = 70
Time = 11 Angle = 83
Time = 12 Angle = 94
Time = 13 Angle = 105
Time = 14 Angle = 90 wind angle = 145 Важкі опади
Time = 15 Angle = 90 wind angle = 145 Важкі опади
Time = 16 Angle = 90 wind angle = 145 Важкі опади
Time = 17 Angle = 90 wind angle = 145 Важкі опади
Time = 18 Angle = 169
Time = 19 Angle = 163
Time = 20 Angle = 90
Time = 21 Angle = 90
Time = 22 Angle = 90
Time = 23 Angle = 90
Time = 24 Angle = 90

```

Рисунок 4.15 - Результат програми під час важких осадків

4.5 Експерименти моделі інтелектуального методу у різну погоду

Розроблений інтелектуальний метод для керування сонячними панелями під час різних погодних умов у середовищі розробки Visual Studio на C++ та представлено у шести експериментах.

Під час першого експерименту був проведений експеримент в безхмарну погоду, для моделювання інтелектуального методу, з роботи якого було виведено статистику кутів керування сонячною панеллю за 54 день року. Проаналізувавши

статистику можна зробити висновок, що до світанку панель знаходиться в нульовому положенні, тобто під кутом 90 градусів, а після світанку який відбувся в 8:59 кут змінюється по азимуту до моменту сходу Сонця, а саме 19:24 після, чого сонячна панель приймає положення 90 градусів. Що свідчить про коректну роботу системи у безхмарну погоду та являється успішним експериментом.

Під час другого експерименту було задано вітряну погоду та був заданий вітер зі швидкістю в 15м/с з 15 по 18 годину та напрямок вітру - південно-західний. Так як вітер є більшим, ніж зазначено системою, то можна побачити, що з 15 години до 18 години трекер повернув панель у напрямку вітру на 180°, щоб уникнути парусності панель була розвернута у напрямку вітру. Виходячи із даних таблиці даних експеримент у вітряну погоду являється успішним так, як запобігає ушкодженням системи та підвищує її відмовостійкість.

Під час третього експерименту в хмарну погоду був заданий проміжок часу в, який небо було захмарене та розсіювали сонячні промені. З статистики за день видно, що починаючи від одинадцятої години дня і до шістнадцятої години, трекер скерував панель за датчиком освітлення, щоб максимально збільшити ефективність сонячних панелей. Виходячи з експерименту в хмарну погоду можна зробити висновок, що залежність від датчика освітлення є вагома, щоб корегувати кут нахилу панелі по ньому для максимальної ефективності, тому використання датчика освітлення є доцільним та ефективним в інтелектуальному методі.

З четвертого експерименту під час моделювання важких опадів було задано швидкість вітру в 5м/с та його напрямок в інтервал часу з десяти по вісімнадцяту годину дня, за який були важкі опади по типу град. З статистики можна побачити, що починаючи з десятої години панелі були розвернені в паралельно в напрямку вітру та на 90 градусів до опадів, щоб мінімізувати пошкодження, після закінчення опадів панель корегується згідно координат та виставляється кут максимально ефективний в напрямку Сонця. Виходячи з даних у експерименті можна зробити висновок, що він являється успішним.

Під час п'ятого експерименту в нічний час було задано вітер швидкістю в 6 м/с та напрямком вітру - південний, від другої до п'ятої години ночі. Панелі не змінювали свій кут нахилу згідно вітру так, як він був нижче зазначеного в системі(12м/с) та залишинись в нульовому положені, який рівний 90°, але так як був вітер в системі був вказаний його напрям. Експремент можна вважати успішним.

Під час шостого експерименту в нічний час задамо швидкість вітру в 15 м/с із напрямком вітру північний та змодельємо ситуацію. Згідно статистики видно, що панелі були розвернуті на паралельно(180 градусів) за напрямком вітру щоб уникнути парусності в заданий проміжок часу.

Результати даних експериментів наданий у додатку Г.

4.6 Висновки

Таким чином, можна зробити висновок, що незважаючи на безпомилкову роботу методів по координатного пошуку максимуму на модельованих образах, на використання даних методів для експериментальних даних накладаються деякі обмеження, пов'язані з виникненням локальних максимумів у образах, отриманих в умовах хмарної погоди або підвищеної вологості.

В результаті експериментів був протестований інтелектуальний метод та програмно-технічний засіб керування сонячною панеллю. Під час експериментів було досліджено його роботу за екстремальних погодних умов (хмарність, важкі опади, вітер). Завдяки використаним датчикам вітру, освітлення та граду був скорегований кут нахилу панелі, щоб підвищити максимальну ефективність нахилу сонячної панелі у хмарний період часу та уникнути його часткового або повного ушкодження за сильного вітру або важких опадів.

ВИСНОВКИ

У роботі за результатами виконаних теоретичних та практичних досліджень розроблено інтелектуальний метод та програмно технічний засіб керуванням сонячною панеллю.

У першому розділі Було проаналізовано три методи керування сонячною панеллю ручний спосіб позиціонує сонячні панелі, методи позиціонування на фотоприймачах та програмне керування [28] актуатором, яке базується на визначенні місця розташуванні сонця для відповідного часу, методи позиціонування сонячних панелей, метода на базі таймерів, метода на використанні сонячних датчиків та методу керування сонячним трекером з алгоритмічним управлінням, яке базується на автономному розрахунку положення Сонця за допомогою формул небесної механіки, виходячи з географічних координатах сонячної електростанції, а також поточної дати та часу. З проведеного дослідження було встановлено недоліки та переваги відомих методів та програмно-технічних засобів з метою їх покращення роботи в екстремальних умовах:

- вітру;
- хмарності;
- важких опадів.

За мету взято завдання реалізувати інтелектуальний метод управління та програмно-технічний засіб керування сонячною панеллю

У другому розділі Розроблена модель структурної схеми для керування сонячної панелі сонячно та вибране IDE під її розробку, охарактеризовані датчики вітру та проведені розрахунки парусності, датчик освітлення та датчик опадів. Дані від датчиків передаються на контролер та через інтерфейс RS-485 та на ПК через USB перетворювач .

Було змодельовано інтелектуальний метод програмного управління, за допомогою якого мікроконтролер буде самостійно визначати положення Сонця шляхом проведення обчислень формул небесної механіки які були розписані в

математичному забезпеченні та враховуючи дані від датчиків він буде кут нахилу сонячної панелі від екстремальних погодних умов по типу:

- вітру;
- хмарності або туману;
- важких опадів.

Так при сильних поривах вітру інтелектуальний метод скерує панель паралельно до вітру та поверне панель в його напрямку. Хмарність та туман задаються датчиком освітлення який задає максимально ефективний кут на найяскравішу точку на небі. Важкі опади визначаються датчиком опадів який при граді буде задавати панелі перпендикулярний кут, враховуючи напрям вітру.

У третьому розділі Було проведено математичне забезпечення оскільки сонячний зеніт, азимут і кути падіння не вказуються в астрономічному альманасі (АА), для оцінки використовуються [] наступні параметри сонця: основні параметри (довгота і широта екліптики для середнього рівнодення дати, видиме пряме сходження, видиме схилення), а також параметри коригування (нутація по довготі, нутація по нахилу, нахил екліптики та справжня геометрична відстань). Точні тригонометричні функції використовуються разом із параметрами сонця, про які повідомляє АА, для обчислення кутів зеніту та азимуту Сонця, тому є достатнім для оцінки невизначеності SPA за допомогою цих параметрів.

Щоб оцінити невизначеність SPA[60], ми вибрали другий день кожного місяця для кожного з 2014, 2015, 2016 та 2024 років о 0 годині за наземним часом (ТТ). На рисунку 2.16 видно, що максимальна різниця між АА і Основні параметри SPA $-0,00015^\circ$.

Показано, що максимальна різниця між АА і СПА для розрахунку зенітного або азимутального кута становить $0,00003^\circ$ і $0,00008^\circ$ відповідно. Це означає, що SPA знаходиться в межах заявленої невизначеності $\pm 0,0003^\circ$.

Розроблено програмне забезпечення, яке реалізує інтелектуальний метод керування сонячною панеллю в Visual Studio. Були проаналізовані функції, програмний код та продемонстрований його функціонал на прикладах розрахунку

статистики кута трекера сонячної панелі під час вітру, хмарності та осадків та продемонстроване в програмному вигляді.

У четвертому розділі можна зробити висновок, що незважаючи на безпомилкову роботу методів по координатного пошуку максимуму на модельованих образах, на використання даних методів для експериментальних даних накладаються деякі обмеження, пов'язані з виникненням локальних максимумів у образах, отриманих в умовах хмарної погоди або підвищеної вологості.

В результаті експериментів був протестований інтелектуальний метод та програмно-технічний засіб керування сонячною панеллю. Під час експериментів було досліджено його роботу за екстремальних погодних умов (хмарність, важкі опади, вітер). Завдяки використаним датчикам вітру, освітлення та граду був скорегований кут нахилу панелі, щоб підвищити максимальну ефективність нахилу сонячної панелі у хмарний період часу та уникнути його часткового або повного ушкодження за сильного вітру або важких опадів

Впровадження результатів роботи дозволили проаналізувати правильність роботи інтелектуального методу та технічно-програмним засобам керування сонячними панелями в експериментах і зробити висновки про його ефективність в підвищені ККД та надійності у застосуванні в неактивний час, а також в екстремальних умовах.

За темою дипломної роботи опублікована одна публікація у Збірку наукових праць за матеріалами XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2021», Хмельницький, 2021 [1].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Літвінко І.В., Мартинюк В.В. Інтелектуальний метод і програмно-технічний засіб керування сонячною панеллю УДК 631.311.25
2. J. Shi. Forecasting Power Output of Photovoltaic Systems Based on Weather Classification and Support Vector Machines. W.J. Lee, Y. Liu, Y. Yang, W. Peng // IEEE Transactions on Industry Applications – 2012 vol. 48 pp. 1064–1069.
3. C. Sungur. Multi-axes sun-tracking system with PLC control for photovoltaic panels in Turkey. Renewable Energy 2009. vol. 34, pp. 1119- 1125.
4. . A. Al-Mohamad. Efficiency improvements of photo-voltaic panels using a Sun-tracking system. Applied Energy. 2004. vol. 79, pp. 345-354.
5. Булан І.Л. Система автоматичного позиціонування сонячних панелей. Дипл. проект на здобуття ступеня бакалавра з напрямку підготовки 6. 050201 «Системна інженерія». Київ. 2019.
6. В. Коваль. Енергетична ефективність систем позиціонування плоских сонячних панелей / Р. Івасечко, К. Козак // Енергосбереження. 2015. випуск 134.
7. S. Ray, A. K. Tripathi. Design and development of Tilted Single Axis and Azimuth-Altitude Dual Axis Solar Tracking systems. 2016 IEEE 1st International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES). 2016. P. 1-6.
Catarius, M. Christiner. Azimuth-Altitude Dual Axis Solar Tracker. Worcester Polytechnic Institute. 2010. P. 80
8. Солнечный трекер zrs-10b на 4 кВт двухосный. URL: <https://ukrinnoteh.com.ua/p906882107-solnechnyj-treker-zrs.html> (дата звернення 22.04.2020)
9. Гаєвський О.Ю. Фотоенергетика Методичні вказівки до виконання розрахункової роботи для студентів за спеціальністю «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії». Київ:ФЕА НТУУ «КПІ», 2016. 32 с

10. Сонячний трекер. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://solarsystem.com.ua/blog/zbilshennya-produktyvnosti-sonyachnyh-panelejsonyachnyj-treker/>. Дата доступу: 16.11.2019 15:54.
11. Rizman Z. et al. Smart multi-application energy harvester using Arduino // J. Fundam. Appl. Sci. – 2018. – № 10. – P. 689 – 704.
12. Marne N.S., Nagmode M.S., Komati R.D. Vibration Measurement System with Accelerometer Sensor Based on ARM // Int. J. Emerg. Technol. Adv. Eng. – 2014. – V. 4, № 4. P. – 760 – 764
13. Grover R. Competition-Based Approach for Undergraduate Mechatronics Education Using the Arduino Platform / International Conference of Teaching. Assessment and Learning. – Bangkok : Chulalongkorn University, 2014. – P. 78–83.
14. Сервопривод SG90 2кг. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://arduino.ua/prod416-servoprivod-sg90-2kg>. Дата доступу: 17.11.2019 18:25.
15. J. Shi. Forecasting Power Output of Photovoltaic Systems Based on Weather Classification and Support Vector Machines / W.J. Lee, Y. Liu, Y. Yang, W. Peng // IEEE Transactions on Industry Applications – 2012 – vol. 48 – pp. 1064–1069.
16. Стаття про розробку трекерних систем – режим доступу до ресурсів: [http : sovilit.com.ua/article/ak/uk/batarea-ak-zrobiti-sonacnu-batareu-svoimirukamipokrokovii-instrukcii-po-zbirci-v-domasnih-umovah-z-riznih-materialiv-z-fotoivideo](http://sovilit.com.ua/article/ak/uk/batarea-ak-zrobiti-sonacnu-batareu-svoimirukamipokrokovii-instrukcii-po-zbirci-v-domasnih-umovah-z-riznih-materialiv-z-fotoivideo)
17. Огляд одноосьових трекерів. URL:<http://www.solarstrategia.com/ua/oborudovanie/treker-slezheniya-za-solntsem/> (дата звернення:).
18. Опис руху сонця. URL: <https://prel.prom.ua/a279654-sonyachnij-treker-scho.html> (дата звернення: 16.04.2021).
19. Будова сонячного трекера. URL: <https://solarsystem.com.ua/zbilshennya-produktyvnosti-sonyachnyh-panelej-sonyachnyj-treker/> (дата звернення: 23.04.2021).
20. Розгляд актуатора та його призначення. URL: <https://cassvitaflour.com/625-actuator> (дата звернення: 24.04.2021)

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. 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.

23. Develop battery management systems with Simulink [Electronic resource]: Available at: <https://www.mathworks.com/discovery/battery-management-system.html> (дата звернення 15.05.2022).

24. KPJ Pradeep, K.Saiprasad Reddy, C Chandramouli, K.Nagbhusan Raju” Development of Dual-Axis Solar Tracking using Arduino with Lab View” *International Journal of Emerging Trends and Technology (IJETT)* Volume 17, Nov2014.

25. B.Suchitha Samuel, J.Mrudula, “Design of Intelligent Solar Tracker Robot for Surveillance” *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, Vol. 2, Issue 10, October 2013

26. Bhavesh Pandey, Anita Agrawal, “Automatic Sun Tracking System Using PSoC” *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, Vol. 1, Issue 1, November 2012.

27. Syed Arsalan, “Sun Tracking System with Microcontroller 8051”, *International Journal of Scientific & Engineering Research.*, Volume 4, Issue 6, June 2013

28. Nur Mohammad, Tarequl Karim, “The Design and Implementation of Hybrid Automatic Solar Tracking System” , *International Journal Of Electical & Power Engineering*, Volume 6, Issue 3-2012

29. Mostefa Ghassoul, “Design of an Automatic Solar Tracking System to Maximize Energy Extraction”, *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, Volume 3, Issue 5, May 2013

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.

30. SOLAR-TECH [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://solartech.com.ua/solar-electricity/solar-panels/solnechnaya-batareya-altek-alm250m-250-24d.html>

Adegbeye, M. J., Reddy, P. R. K., Obaisi, A. I., Elghandour, M. M. M. Y., Oyebamiji, K. J., Salem, A. Z. M., ... & Camacho-Díaz, L. M., "Sustainable agriculture options for production, greenhouse gasses and pollution alleviation, and nutrient recycling in emerging and transitional nations-An overview". *Journal of Cleaner Production*, (2020). 242.

31. Ho, S. M., Lomi, A., Okoroigwe, E. C., & Urrego, L. R., "Investigation of solar energy: The case study in Malaysia, Indonesia, Colombia and Nigeria". *International Journal of Renewable Energy Research*, (2019). 9(1).

32. Ammach, S. and A. Attia. "Design and Implementation of Autonomous Energy Efficient Solar Tracking System for PV Power Plants". in 2019 International Conference on Electrical and Computing Technologies and Applications (ICECTA). (2019). IEEE

33.] Ismail, M. A., Kreshnaveyashadev, A., Ramanathan, L., Idris, M. H., Ananda-Rao, K., Mazlan, M., and Fairuz, N., "Improving the performance of solar panels by the used of dual axis solar tracking system with mirror reflection". In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1432, No. 1, p. 012060). (2020).IOP Publishing.

34. Ooshaksaraei, P., Sopian, K., Zaidi, S. H., and Zulkifli, R., "Performance of four airbased photovoltaic thermal collectors configurations with bifacial solar cells". *Renewable energy*, (2017). 102: p. 279-293.

35. Zhang P. *Networked Microgrids* . — Cambridge, 2021. — 234p

36. Zurawski Richard. *The Industrial Communication Technology Handbook Second Edition*. CRC Press, 2014. 1756 p

37. Quick reference for RS485, RS422, RS232 AND RS423 [Электронный ресурс] – URL: <http://www.rs485.com/rs485spec.html>

38. .W. Wang and S. Li, "Model predictive control of 2-axis solar tracker for solar energy system", *Proceeding of the 31st Chinese Control Conference*, July 25–27, 2012

39. P. Asmarashid, H. Ammar and A. M. Handy, "A design of single axis tracking system", *The 5th International Power Engineering and Optimization Conference*, 6–7 June 2011.
40. Ooshaksaraei, P., Sopian, K., Zaidi, S. H., and Zulkifli, R., "Performance of four airbased photovoltaic thermal collectors configurations with bifacial solar cells". *Renewable energy*, (2017). 102: p. 279-293.
41. Menghani, P. D., Udawant, R. R., Funde, A. M., and Dingare, S. V., "Low pressure steam generation by solar energy withfresnel lens: a review". *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, (2013). 5: p. 60-63.
42. Choudhury, W. A., Hossain, M., Tonmoy, M., Zaman, T., and Zaman, S., "Stability study of grid-connected photovoltaic system". (2017), Department of Electrical and Electronic Engineering, Islamic University of Technology.
43. Hoffeditz, W. L., Pellin, M. J., Farha, O. K., and Hupp, J. T. , "Determining the Conduction Band-Edge Potential of Solar-Cell-Relevant Nb2O5 Fabricated by Atomic Layer Deposition". *Langmuir*, (2017). 33(37): p. 9298-9306
44. Duffie, J. A., Beckman, W. A., and Blair, N., "Solar Engineering of Thermal Processes, Photovoltaics and Wind". (2020). John Wiley & Sons.
45. Hani, S. and G. Santoso, "Solar Cell Capacity Improvement Using Fresnel Lens Concentrator with Solar Tracker Control". *International Journal of Scientific Engineering and Science*. (2018). 2(7): p. 41-44.
46. Trupke, T. and P. Würfel, "Fundamental Limits of Solar Energy Conversion". *Photovoltaic Modeling Handbook*, (2018): p. 7.
47. Nababan, T.S., "Analysis of factors affecting the electricity supply in Indonesia". *International Conference on Accounting, Management, Economics and Social Sciences (ICAMESS)*. (2017).
48. Nasional, D.E., "Indonesia energy outlook 2016". Jakarta: Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional, (2016)
49. Ardyantara, D.M. "The Harmonization of Maritime Law (UU No. 32 of 2014) for Indonesia's Sovereignty in Marine Resource Management Facing UN Policy

about Area beyond National Jurisdiction". in 2nd International Conference on Indonesian Legal Studies (ICILS 2019). (2019). Atlantis Press.

50. Ghazali, S. and R. Nazir, "Sensorless Solar Tracker Based on Sun Position for Maximum Energy Conversion". Proceeding of the Electrical Engineering Computer Science and Informatics, (2015). 2(1): p. 202-206.

51. Ho, S. M., Lomi, A., Okoroigwe, E. C., & Urrego, L. R., "Investigation of solar energy: The case study in Malaysia, Indonesia, Colombia and Nigeria". International Journal of Renewable Energy Research, (2019). 9(1).

52. Adegbeye, M. J., Reddy, P. R. K., Obaisi, A. I., Elghandour, M. M. M. Y., Oyebamiji, K. J., Salem, A. Z. M., ... & Camacho-Díaz, L. M., "Sustainable agriculture options for production, greenhouse gasses and pollution alleviation, and nutrient recycling in emerging and transitional nations-An overview". Journal of Cleaner Production, (2020). 242.

53. Ammach, S. and A. Attia. "Design and Implementation of Autonomous Energy Efficient Solar Tracking System for PV Power Plants". in 2019 International Conference on Electrical and Computing Technologies and Applications (ICECTA). (2019). IEEE.

54. Ismail, M. A., Kreshnaveyashadev, A., Ramanathan, L., Idris, M. H., Ananda-Rao, K., Mazlan, M., and Fairuz, N., "Improving the performance of solar panels by the used of dual axis solar tracking system with mirror reflection". In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1432, No. 1, p. 012060). (2020).IOP Publishing.

55. Ramli, M. A., Twaha, S., Ishaque, K., and Al-Turki, Y. A., "A review on maximum power point tracking for photovoltaic systems with and without shading conditions". Renewable and Sustainable Energy Reviews, (2017). 67: p. 144-159.

56. C. Alexandru, and C. Pozna, (2010). Simulation of a dual-axis solar tracker for improving the performance of a photovoltaic panel. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part A, Journal Power Energy, 224(6), pp. 797–811.

57. T. Marwala, (2010). Finite-element-model Updating Using Computational Intelligence Techniques. Springer London Dordrecht Heidelberg New York. ISBN: 978-1-84996-322-0.

58. R. Alex, and J. Gabi, (2010). SolidWorks® 2010 No Experience Required. Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana, ISBN: 978-0-470-50543-4.
59. G. Xu, J. Su, L. Su, X. Wang, Y. Tian, and Y. Zhu, (2009). Research on the model and finite element analysis of vehicle chassis detection system based on COSMOSWorks. International Conference on Computer and Communications Security. IEEE Computer Society. DOI 10.1109/ICCCS.2009.25
60. Wu TF, Shen CL, Nein HS, Li GF (2005) A single-phase 3 W Inverter with grid connection and active power filtering based on nonlinear programming and fast-zero-phase detection algorithms. IEEE Trans Power Electron 20:218–226
61. T. Filik, U.B. Filik. Efficiency analysis of the solar tracking pv systems in eskişehir region. *Anadolu University Journal of Science and Technology*), 2017. Vol. 18 No. 1, P. 209–217.
62. S.Aziza, S.Hassan. On Improving the Efficiency of a Solar Panel Tracking System. *Procedia Manufacturing*, 2017. Vol. 7, P. 218–224.
63. Jhee Fhong Lee, Nasrudin Abd. Rahim, Yusuf A. Al-Turki. Performance of Dual-Axis Solar Tracker versus Static Solar System by Segmented Clearness Index in Malaysia. *International Journal of Photoenergy*, 2017. Vol. 2017, P. 1-13
64. Ventre, R. A. (n.d.). ‘Photovoltaic Systems Engineering (Second Edition)’. In R. A. Ventre, *Photovoltaic Systems Engineering* (pp. 21-31). Washington, D.C: CRC Press.
65. Annual Solar Irradiation Data (2016). Dhaka: Bangladesh Meteorological Department
66. Grover R. Competition-Based Approach for Undergraduate Mechatronics Education Using the Arduino Platform / International Conference of Teaching. Assessment and Learning. – Bangkok : Chulalongkorn University, 2014. – P. 78–83.

ДОДАТОК А (обов'язковий)

ЛІСТИНГ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИЯВЛЕННЯ КІБЕР- ЗАГРОЗ В НА ОСНОВІ ЕВОЛЮЦІЙНИХ АЛГОРИТМІВ

Лістинг MyForm.h.

```
#pragma once
#include <math.h>
#include "MyForm.h"
#include <stdlib.h>
#include <time.h>
namespace SolorPanel {

    using namespace System;
    using namespace System::ComponentModel;
    using namespace System::Collections;
    using namespace System::Windows::Forms;
    using namespace System::Data;
    using namespace System::Drawing;
    using namespace System::Text;
    /// <summary>
    ///
    /// </summary>
    public ref class MyForm : public System::Windows::Forms::Form
    {
    public:
        MyForm(void)
        {
            InitializeComponent();
            //
            //
            //
        }

    protected:
        /// <summary>
        ///
        /// </summary>
        ~MyForm()
        {
            if (components)
            {
                delete components;
            }
        }

    private: System::Windows::Forms::TextBox^ textBox1;
    protected:
    private: System::Windows::Forms::RichTextBox^ richTextBox1;
```

```

private: System::Windows::Forms::Label^ label1;
private: System::Windows::Forms::Label^ label2;

private: System::Windows::Forms::Label^ label3;

private: System::Windows::Forms::TextBox^ textBox2;
private: System::Windows::Forms::Label^ label4;
private: System::Windows::Forms::TextBox^ textBox3;
private: System::Windows::Forms::Button^ button1;
private: System::Windows::Forms::ComboBox^ comboBox1;
private: System::Windows::Forms::Label^ label5;
private: System::Windows::Forms::Button^ button2;
private: System::Windows::Forms::Label^ label6;
private: System::Windows::Forms::Label^ label7;
private: System::Windows::Forms::Button^ button3;
private: System::Windows::Forms::TextBox^ textBox4;

private:
    double Rad(float x)
    {
        return (3.14 * x) / 180;
    }
    double gradus(double y)
    {
        return (y * 180) / 3.14;
    }
    int GetRandomAngle(int min, int max)
    {
        srand(time(NULL));

        int num = min + rand() % (max - min + 1);

        return num;
    }
    double Sunrise, Sunset;
    int x;
    int Tutc = 2; //UTC по Україні
    int Longitude = 27; //довгота
    int Latitude = 49; //Широта
    int windangle; //напрямок вітру
    double windspeed; //швидкість світла
    int H1, H2, Part;
    int cloud;
    System::ComponentModel::Container^ components;

#pragma region Windows Form Designer generated code
    /// <summary>
    ///
    /// </summary>
    void InitializeComponent(void)

```

```

{
    this->textBox1 = (gcnew System::Windows::Forms::TextBox());
    this->richTextBox1 = (gcnew System::Windows::Forms::RichTextBox());
    this->label1 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());
    this->label2 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());
    this->label3 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());
    this->textBox2 = (gcnew System::Windows::Forms::TextBox());
    this->label4 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());
    this->textBox3 = (gcnew System::Windows::Forms::TextBox());
    this->button1 = (gcnew System::Windows::Forms::Button());
    this->comboBox1 = (gcnew System::Windows::Forms::ComboBox());
    this->textBox4 = (gcnew System::Windows::Forms::TextBox());
    this->label5 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());
    this->button2 = (gcnew System::Windows::Forms::Button());
    this->label6 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());
    this->label7 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());
    this->button3 = (gcnew System::Windows::Forms::Button());
    this->SuspendLayout();
    //
    // textBox1
    //
    this->textBox1->Location = System::Drawing::Point(490, 89);
    this->textBox1->Name = L"textBox1";
    this->textBox1->Size = System::Drawing::Size(46, 22);
    this->textBox1->TabIndex = 0;
    this->textBox1->TextChanged += gcnew System::EventHandler(this,
&MyForm::textBox1_TextChanged);
    //
    // richTextBox1
    //
    this->richTextBox1->Location = System::Drawing::Point(15, 41);
    this->richTextBox1->Name = L"richTextBox1";
    this->richTextBox1->Size = System::Drawing::Size(446, 476);
    this->richTextBox1->TabIndex = 1;
    this->richTextBox1->Text = L"";
    //
    // label1
    //
    this->label1->AutoSize = true;
    this->label1->Location = System::Drawing::Point(12, 9);
    this->label1->Name = L"label1";
    this->label1->Size = System::Drawing::Size(136, 16);
    this->label1->TabIndex = 2;
    this->label1->Text = L"Статистика за день";
    //
    // label2
    //
    this->label2->AutoSize = true;
    this->label2->Location = System::Drawing::Point(487, 70);
    this->label2->Name = L"label2";
    this->label2->Size = System::Drawing::Size(133, 16);
    this->label2->TabIndex = 3;

```

```

this->label2->Text = L"Швидкість вітру м/с";
//
// label3
//
this->label3->AutoSize = true;
this->label3->Location = System::Drawing::Point(487, 173);
this->label3->Name = L"label3";
this->label3->Size = System::Drawing::Size(65, 16);
this->label3->TabIndex = 6;
this->label3->Text = L"Години з";
this->label3->Click += gcnew System::EventHandler(this,
&MyForm::label3_Click);
//
// textBox2
//
this->textBox2->Location = System::Drawing::Point(490, 192);
this->textBox2->Name = L"textBox2";
this->textBox2->Size = System::Drawing::Size(46, 22);
this->textBox2->TabIndex = 9;
//
// label4
//
this->label4->AutoSize = true;
this->label4->Location = System::Drawing::Point(490, 217);
this->label4->Name = L"label4";
this->label4->Size = System::Drawing::Size(23, 16);
this->label4->TabIndex = 10;
this->label4->Text = L"по";
//
// textBox3
//
this->textBox3->Location = System::Drawing::Point(490, 236);
this->textBox3->Name = L"textBox3";
this->textBox3->Size = System::Drawing::Size(46, 22);
this->textBox3->TabIndex = 11;
//
// button1
//
this->button1->Location = System::Drawing::Point(361, 6);
this->button1->Name = L"button1";
this->button1->Size = System::Drawing::Size(97, 29);
this->button1->TabIndex = 12;
this->button1->Text = L"Розрахувати";
this->button1->UseVisualStyleBackColor = true;
this->button1->Click += gcnew System::EventHandler(this,
&MyForm::button1_Click);
//
// comboBox1
//
this->comboBox1->FormattingEnabled = true;
this->comboBox1->Items->AddRange(gcnew cli::array< System::Object^ >(3)
{ L"Вітер", L"Хмарність", L"Важкі опади" });

```

```

this->comboBox1->Location = System::Drawing::Point(490, 12);
this->comboBox1->Name = L"comboBox1";
this->comboBox1->Size = System::Drawing::Size(173, 24);
this->comboBox1->TabIndex = 13;
this->comboBox1->Text = L"Біреп";
this->comboBox1->SelectedIndexChanged += gcnew
System::EventHandler(this, &MyForm::comboBox1_SelectedIndexChanged);
//
// textBox4
//
this->textBox4->Location = System::Drawing::Point(297, 6);
this->textBox4->Name = L"textBox4";
this->textBox4->Size = System::Drawing::Size(41, 22);
this->textBox4->TabIndex = 14;
this->textBox4->TextChanged += gcnew System::EventHandler(this,
&MyForm::textBox4_TextChanged);
//
// label5
//
this->label5->AutoSize = true;
this->label5->Location = System::Drawing::Point(490, 143);
this->label5->Name = L"label5";
this->label5->Size = System::Drawing::Size(44, 16);
this->label5->TabIndex = 15;
this->label5->Text = L"label5";
this->label5->Visible = false;
this->label5->Click += gcnew System::EventHandler(this,
&MyForm::label5_Click);
//
// button2
//
this->button2->Location = System::Drawing::Point(467, 309);
this->button2->Name = L"button2";
this->button2->Size = System::Drawing::Size(110, 23);
this->button2->TabIndex = 16;
this->button2->Text = L"Застосувати";
this->button2->UseVisualStyleBackColor = true;
this->button2->Click += gcnew System::EventHandler(this,
&MyForm::button2_Click);
//
// label6
//
this->label6->AutoSize = true;
this->label6->Location = System::Drawing::Point(154, 9);
this->label6->Name = L"label6";
this->label6->Size = System::Drawing::Size(126, 16);
this->label6->TabIndex = 17;
this->label6->Text = L"Номер Дня (1-365) :";
this->label6->Click += gcnew System::EventHandler(this,
&MyForm::label6_Click);
//
// label7

```

```

//
this->label7->AutoSize = true;
this->label7->Location = System::Drawing::Point(487, 127);
this->label7->Name = L"label7";
this->label7->Size = System::Drawing::Size(130, 16);
this->label7->TabIndex = 18;
this->label7->Text = L"Напрям руху вітру:";
this->label7->Click += gcnw System::EventHandler(this,
&MyForm::label7_Click);
//
// button3
//
this->button3->Location = System::Drawing::Point(467, 338);
this->button3->Name = L"button3";
this->button3->Size = System::Drawing::Size(110, 26);
this->button3->TabIndex = 19;
this->button3->Text = L"Очистити";
this->button3->UseVisualStyleBackColor = true;
this->button3->Click += gcnw System::EventHandler(this,
&MyForm::button3_Click);
//
// MyForm
//
this->AutoScaleDimensions = System::Drawing::SizeF(8, 16);
this->AutoScaleMode = System::Windows::Forms::AutoScaleMode::Font;
this->ClientSize = System::Drawing::Size(701, 529);
this->Controls->Add(this->button3);
this->Controls->Add(this->label7);
this->Controls->Add(this->label6);
this->Controls->Add(this->button2);
this->Controls->Add(this->label5);
this->Controls->Add(this->textBox4);
this->Controls->Add(this->comboBox1);
this->Controls->Add(this->button1);
this->Controls->Add(this->textBox3);
this->Controls->Add(this->label4);
this->Controls->Add(this->textBox2);
this->Controls->Add(this->label3);
this->Controls->Add(this->label2);
this->Controls->Add(this->label1);
this->Controls->Add(this->richTextBox1);
this->Controls->Add(this->textBox1);
this->Name = L"MyForm";
this->Load += gcnw System::EventHandler(this, &MyForm::MyForm_Load);
this->ResumeLayout(false);
this->PerformLayout();

}

#pragma endregion
private: System::Void label3_Click(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {
}

```

```

private: System::Void textBox4_TextChanged(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {
    x = System::Convert::ToInt64(textBox4->Text);
    if (x <= 0 || x > 365) MessageBox::Show("невірне значення", "Ошибка");
}
private: System::Void button1_Click(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {
    double LSTM;//Меридіан місцевого стандартного часу
    double EoT;//Рівняння часу
    double B;
    double TC;//корекційних кооф часу
    double LST;//
    int H;//година
    int M;//хвилина
    double HRA;//часовий кут
    double del;//кут схилення сонця
    double Elev;//кутова висота Сонця
    double Azumut;
    double Timem, Timeh;
    double A;
    double DL;//тривалість дня
    double DY[365];//День року
        for (int i = 1; i < 366; i++)
            DY[i] = i;
    B = 360 * (DY[x] - 81) / 365;
    EoT = 9.87 * sin(2 * Rad(B)) - 7.53 * cos(Rad(B)) - 1.5 * sin(Rad(B));
    LSTM = 15 * Tutc;
    TC = 4 * (Rad(Longitude) - LSTM) + EoT;
    LST = H + (TC / 60) + (M / 60);
    HRA = (15 * LST * 3.14) / 180;
    del = 23.45 * sin(Rad(B)) * 3.14 / 180;
    Elev = asin(sin(del) * sin(Rad(Latitude))) + (cos(del) * cos(Rad(Latitude)) * cos(HRA));
    Azumut = acos((cos(Rad(Latitude)) * sin(del) - cos(del) * sin(Rad(Latitude)) * cos(HRA)) /
cos(Elev));
    A = (sin(Rad(Latitude)) * sin(del)) / (cos(Rad(Latitude)) * cos(del)) * (-1);
    Sunrise = 12 - (acos(A) / 0.261799) - TC / 60;
    Sunset = 12 + (acos(A) / 0.261799) - TC / 60;
    DL = 24 * acos(tan(Rad(Latitude)) * tan(del) * (-1)) / 3.14;
    int kyt = gradus(Azumut);
    H = Sunrise;
    M = (Sunrise - H) * 60;
    int Hs = Sunset;
    int Ms = (Sunset - Hs) * 60;
    String^ c = System::Convert::ToString(Hs);
    String^ d = System::Convert::ToString(Ms);
    int Ht=0;
    richTextBox1->AppendText("Sunrise = " + H + ":" + M + " Sunset = " + c + ":" + d + "\n");
    for (int j = 0; j <= 24; j++)
    {
        if (j<Sunrise || j>Sunset)
        {
            if (Part == 1 && j >= H1 && j <= H2 && H1 != 0 && H2 != 0)
            {
                kyt = 180;
            }
        }
    }
}

```

```

        H++;
        richTextBox1->AppendText("Time = " + j + " Angle = " + kyt + " wind
angle = " + windangle + " \n");
    }
    else if (Part == 2 && j >= H1 && j <= H2 && H1 != 0 && H2 != 0)
    {
        kyt = cloud;
        H++;
        richTextBox1->AppendText("Time = " + j + " Angle = " + kyt + "
Хмарність "" \n");
    }
    else if (Part == 3 && j >= H1 && j <= H2 && H1 != 0 && H2 != 0) {
        kyt = 90;
        H++;
        richTextBox1->AppendText("Time = " + j + " Angle = " + kyt + " wind
angle = " + windangle + " Важкі опади" + " \n");
    }
    else {
        kyt = 90;
        richTextBox1->AppendText("Time = " + j + " Angle = " + kyt + " \n");
        H++;
    }
}
else
{for (int k = M; k <= 60; k = k + 10)
{
    LST = H + (TC / 60) + (M / 60);
    del = 23.45 * sin(Rad(B)) * 3.14 / 180;
    HRA = (15 * LST * 3.14) / 180;
    Elev = asin(sin(del) * sin(Rad(Latitude))) + (cos(del) * cos(Rad(Latitude)) *
cos(HRA));
    Azumut = acos((cos(Rad(Latitude)) * sin(del) - cos(del) * sin(Rad(Latitude))) *
cos(HRA)) / cos(Elev));
    kyt = (Azumut * 180) / 3.14;
    M = M + 10;
    if (M >= 60)
        M = (M - 60);
}

if (Part == 0)
{
    H++;
    richTextBox1->AppendText("Time = " + j + " Angle = " + kyt + " \n");
}
else
if (Part == 1 && j >= H1 && j <= H2 && H1 != 0 && H2 != 0)
{
    kyt = 180;
    H++;
    richTextBox1->AppendText("Time = " + j + " Angle = " + kyt + " wind angle =
" + windangle + " \n");
}
else if (Part == 2 && j >= H1 && j <= H2 && H1 != 0 && H2 != 0)

```

```

        {
            kyt = cloud;
            H++;
            richTextBox1->AppendText("Time = " + j + " Angle = " + kyt + "
Хмарність "+" \n");
        }
        else if (Part == 3 && j >= H1 && j <= H2 && H1 != 0 && H2 != 0) {
            kyt = 90;
            H++;
            richTextBox1->AppendText("Time = " + j + " Angle = " + kyt + " wind
angle = " + windangle + " Важкі опади" + " \n");
        }
        else {
            H++;
            richTextBox1->AppendText("Time = " + j + " Angle = " + kyt + " \n");
        }
    }
}

private: System::Void dateTimePicker1_ValueChanged(System::Object^ sender, System::EventArgs^
e) {
}
private: System::Void textBox1_TextChanged(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {
}
private: System::Void MyForm_Load(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {
}
private: System::Void button2_Click(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {

    if (comboBox1->SelectedItem == "Вітер")
    {
        label5->Visible = true;
        windspeed = System::Convert::ToInt64(textBox1->Text);
        windangle = GetRandomAngle(0, 360);
        if (windspeed > 0.0 && windspeed < 12.0)
        {
            MessageBox::Show("Мінімальна швидкість вітру для зміну кута панелі
12м/с", "Повідомлення");
        }
        Part = 1;
    }
    else
        if (comboBox1->SelectedItem == "Хмарність")
            cloud = GetRandomAngle(30, 180);
            Part = 2;
        else
            if (comboBox1->SelectedItem == "Важкі опади")
            {
                label5->Visible = true;
                windangle = GetRandomAngle(0, 360);
                Part = 3;
            }
        if (windangle >= 336 && windangle < 24) label5->Text = "N";

```

```

else if (windangle >= 25 && windangle < 66) label5->Text = "NE";
else if (windangle >= 67 && windangle < 111) label5->Text = "N";
else if (windangle >= 111 && windangle < 156) label5->Text = "SN";
else if (windangle >= 156 && windangle < 201) label5->Text = "S";
else if (windangle >= 201 && windangle < 246) label5->Text = "SW";
else if (windangle >= 246 && windangle < 291) label5->Text = ("W");
else label5->Text = "NW";
H1 = System::Convert::ToInt64(textBox2->Text);
H2 = System::Convert::ToInt64(textBox3->Text);
}
private: System::Void label6_Click(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {
}
private: System::Void label5_Click(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {
}
private: System::Void comboBox1_SelectedIndexChanged(System::Object^ sender,
System::EventArgs^ e) {
    if (comboBox1->SelectedItem == "Віреп")
    {
        label2->Visible = true;
        textBox1->Visible = true;
    }else
    if (comboBox1->SelectedItem == "Хмарність")
    {
        label2->Visible = false;
        label7->Visible = false;
        label5->Visible = false;
        textBox1->Visible = false;
    }
    else if (comboBox1->SelectedItem == "Важкі опади")
    {
        label2->Visible = true;
        textBox1->Visible = true;
    }
}
private: System::Void button3_Click(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {
    richTextBox1->Clear();
}
private: System::Void label7_Click(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {
}
};
}

```

ДОДАТОК Б
(обов'язковий)

ФАХОВІ ПУБЛІКАЦІЇ

УДК 621.311.25

Літвінко І. В., Мартинюк В. В.

Хмельницький національний університет

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ МЕТОД І ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИЙ ЗАСІБ
КЕРУВАННЯ СОНЯЧНОЮ ПАНЕЛЛЮ**

Розглянуто прикладні аспекти розробки інтелектуальний метод і програмно-технічний засіб керування сонячною панеллю, що забезпечує динамічне позиціонування робочої поверхні сонячної панелі під кутом 90° до падаючого сонячного випромінювання в екстремальних умовах (туман, хмарність, важкі опади, сильний вітер).

Applied aspects of the development of an intelligent method and software and hardware control of the solar panel were considered, which provides dynamic positioning of the working surface of the solar panel at an angle of 90° to the incident solar radiation in extreme conditions (fog, clouds, heavy precipitation, and strong wind).

Одним із ефективних технологічних підходів підвищення ефективності керування сонячною панеллю є розробка нових високоефективних та високоточних методів управління трекером сонячної панелі, що забезпечить максимальний світловий потік.

Метою роботи є підвищення ефективності керування сонячною панеллю.

Важливим фактом, що істотно впливає на продуктивність сонячних електростанцій, є орієнтація та кут нахилу сонячних панелей. На сьогоднішній день основним напрямком підвищення ефективності вироблення електричної енергії сонячними електростанціями є створення і використання двохкоординатної системи стеження за сонцем, яка забезпечує підвищення енергетичної ефективності не менше ніж на 30 - 50% в порівнянні із нерухомими енергетичними установками без системи оптимізації положення сонячних батарей [1, 2].

Трекери можуть бути реалізовані на основі різних принципів [1]: 1) управління двигунами за допомогою декількох фотоприймачів – такий пристрій має два або більше фоторезисторів; при русі Сонця освітленість фоторезисторів стає різною; пристрій аналізує освітленість і передає керуючі сигнали на двигуни до моменту, коли потік світла на всіх фотоелементах буде однаковий, і електродвигун повертає сонячну панель; 2) управління рухом трекера по азимутальних і зенітних кутах – для правильного позиціонування сонячних панелей потрібно компенсувати два переміщення Землі: добове переміщення, пов'язане з обертанням Землі навколо

своїєї осі, та річне переміщення, пов'язане з обертанням Землі навколо Сонця (рисунок 1).



Рисунок 1 – Трекер сонячної панелі

Одним із ефективних технологічних підходів підвищення ефективності керування сонячною панеллю є розробка нових високоефективних та високоточних методів управління трекером сонячної панелі, що забезпечить максимальний світловий потік.

Вдосконалено метод управління системою динамічного позиціонування робочої поверхні сонячної панелі під кутом 90° до падаючого сонячного випромінювання в екстремальних умовах (туман, хмарність, важкі опади, сильний вітер). Відмінність від відомих підходів полягає у підвищенні ефективності відстеження траєкторії сонця, управління трекером в екстремальних умовах.

Використання інтелектуальної технології інтернету речей дозволяє використовувати індивідуальну IP-адресу кожної сонячної батареї, кожної батареї суперконденсаторів та кожної акумуляторної батареї. Це дозволяє проводити дистанційне діагностування кожного із послідовно з'єднаних фотоелементів в сонячній панелі, кожної із послідовно з'єднаних комірок суперконденсаторів та кожного із з послідовно з'єднаних гальванічних елементів у акумуляторній батареї.

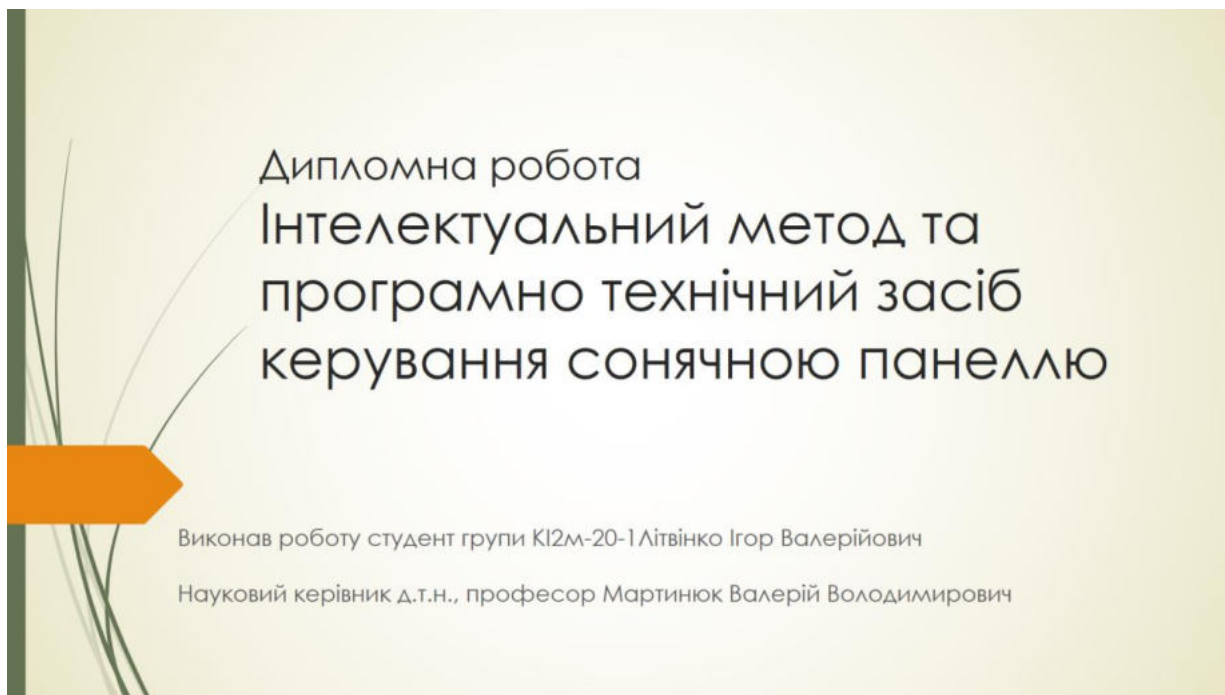
Отримана інформація дистанційно передається на ноутбук, обробляється та в залежності від результатів діагностування, формуються керуючі сигнали для забезпечення максимального коефіцієнта корисної дії системи та максимальної її ефективності та може бути застосована у підрозділах збройних сил, командних пунктах, тилових підрозділах забезпечення, що значно підвищить їх енергонезалежність у польових умовах.

Перелік посилань

1. Skyba M. Intelligent Solar Tracking System as a Prospect for Developing the Alternative Energetics in Ukraine / M. Skyba, T. Hovorushchenko, V. Martynyuk, O. Zasornov, O. Pavlova // 2st International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security. – Kluksniytskyi, Ukraine, 2021 – P. 50-61.
2. Martynyuk V. Architecture of solar panel intelligent monitoring system by means of industrial controller / V. Martynyuk, Y. Forkun, I. Forkun, T. Novak // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – Хмельницький, 2020. – №1. – С. 46 – 51.
3. Martynyuk V.V. Simulation of Photovoltaic System as a Tool of a State's Energy Security / V.V. Martynyuk, M.P. Voynarenko, J.M. Boiko, O.S. Svistunov // International Journal of Engineering (IJE). – Vol. 34, Iss. 2, TRANSACTIONS B: Applications, February 2021, pp. 487-492

ДОДАТОК В
(обов'язковий)

ПРЕЗЕНТАЦІЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ





Вступ

- Метою дипломної роботи є підвищення ефективності керування сонячною панеллю в екстремальних умовах.
- Об'єктом дослідження є процес керування сонячною панеллю в екстремальних умовах.
- Предметом дослідження є інтелектуальний метод керування сонячною панеллю



Вступ

- Актуальність роботи полягає у покращенні ефективності технічних підходів та підвищенні ефективності роботи сонячної панелі та розробці нових високоточних методів управління трекером сонячної панелі, який забезпечує максимальний світловий потік та у екстремальні погодні умови.

Аналіз відомих методів та рішень

- Сонячні трекари можуть бути реалізовані на основі різних методів керування, що зводяться до трьох основних систем.
- В основі першої системи лежить використання фотодатчиків, за допомогою яких отримується інформація про місце з найбільшою освітленістю від сонячних променів. Отримані дані аналізуються мікроконтролером та на основі цих даних пристрій позиціонує сонячну панель до напрямку Сонця. При правильному налаштуванні цієї системи вона може бути повністю автономною та дешевою, але суттєвими недоліками даної системи є її надійність та точність позиціонування сонячної панелі. У погану погоду або при поганому обслуговуванні система буде неспроможна визначити положення Сонця.
- Іншим методом є система, яка базується на використанні таймерів. Для використання даної системи необхідно заздалегідь розрахувати дані про положення Сонця на кожен день, та після того дані вносяться в мікроконтролер, який направляє сонячну панель відповідно до розрахованих даних. Точність позиціонування таких систем є невеликою, а ефективність сумнівна оскільки дані про положення Сонця доведеться розрахувати вручну для кожного дня та постійно оновлювати їх у мікроконтролері.

Аналіз відомих методів та рішень

- Найбільш ефективною системою керування сонячним трекаром є алгоритмічне управління, яке базується на автономному розрахунку положення Сонця за допомогою формул небесної механіки, виходячи з географічних координат сонячної електростанції, а також поточної дати та часу. На основі цих даних мікроконтролер може точно визначити положення Сонця на небосхилі та направити сонячну панель в напрямку Сонця. Основною перевагою цієї системи є повна автономність, висока точність, працездатність в суворих погодних та кліматичних умовах та при високій хмарності.

Аналіз відомих методів та рішень

- Для того щоб сонячна панель мала можливість максимально ефективно стежити за рухом Сонця вона повинна мати дві площини свободи, які компенсують рух Землі навколо своєї осі та навколо Сонця по орбіті. Розрізняють декілька видів реалізації двохосьових систем стеження за Сонцем:
- Із становленням сонячних модулів на наконечнику несучої опори ТДАТ.
- Система з двома осями обертання та опорною площиною ААДАТ.

Аналіз відомих методів та рішень

- Трекери з двома осями обертання на стовпі, що несе – Tip-tilt dual axis
- tracker (ТДАТ), названі таким чином, тому що масив із панелями монтується на кінці довгого стовпа. Рух трекера зі сходу захід управляється поворотом масиву навколо верхнього полюса, у якому закріплений підшипник. У верхній частині підшипника знаходиться механізм, який забезпечує вертикальне обертання панелей і забезпечує основні точки кріплення для масиву панелей.



Аналіз відомих методів та рішень

- Трекери з двома осями обертання та опорною площиною – Azimuthaltitude dual axis tracker (AADAT), у яких головна вісь – вертикальна. Вони схожі на TADAT, але відрізняються способом повороту масиву. Замість обертового масиву навколо верхнього полюса стовпа, AADAT системи зазвичай використовують велике кільце, встановлене на землі або платформі. Вся система встановлюється на ролики або на велику платформу з підшипники. AADAT.

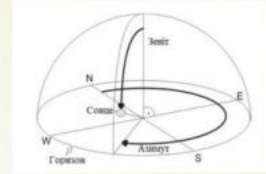


Методи керуванням сонячним трекером

- Керування сонячним трекером може відбуватися за різними методами. Головні з них такі.
- Ручний спосіб позиціонує сонячні панелі за різними методами, що є досить неефективним та застарілим методом керування. Беручи до уваги показники економічності та людський фактор, даний спосіб керування є застарілим та його використання є недоцільним.
- Метод позиціонування сонячних панелей, який базується на фотоприймачах (рисунок 1.4). Їх встановлюють по обидві сторони трекера і, таким чином, отримують інформацію про освітленість на цих ділянках. Після чого на актуатори потрапляє сигнал керування, поки рівні освітленості на фотоприймачах не приймуть однакового значення. Але така система має проблеми у хмарну погоду та при випадках забруднення фотоприймачів, але її перевагою є доступна ціна.

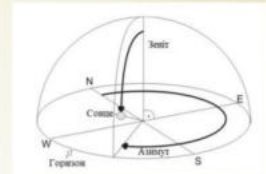


Методи керуванням сонячним трекером



- Програмне керування [27] актуатором, яке базується на визначенні місця розташування сонця для відповідного часу. Рух сонця відбувається по траєкторії від сходу до заходу. Під час руху положення Сонця описується двома координатами: азимутом та зенітом. Азимут – це кут між розташуванням Сонця та півдня. Зенітний кут визначає кут між лінією, що сполучає Сонце та предмет, на який воно світить та горизонтальною площиною.
- Пристрій містить [2] вмонтований годинник, за даними якого розраховуються параметри положення Сонця. Від блоку керування до двигунів поступає сигнал на зміну положення трекера на визначену величину.
- Основним принципом роботи системи є компенсація лише двох зміщень Землі: добового зміщення в наслідок обертання Землі довкола своєї осі (річного зміщення та обертання Землі навколо Сонця). Ця система для керування положенням трекера до Сонця містить в собі таймер, в якому задана добова чи річна програма, за якою працюють актуатори.

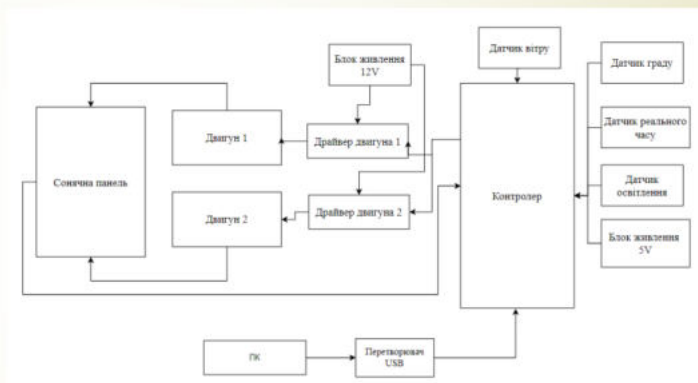
Методи керуванням сонячним трекером



- Програмне керування [27] актуатором, яке базується на визначенні місця розташування сонця для відповідного часу. Рух сонця відбувається по траєкторії від сходу до заходу. Під час руху положення Сонця описується двома координатами: азимутом та зенітом. Азимут – це кут між розташуванням Сонця та півдня. Зенітний кут визначає кут між лінією, що сполучає Сонце та предмет, на який воно світить та горизонтальною площиною.
- Пристрій містить [2] вмонтований годинник, за даними якого розраховуються параметри положення Сонця. Від блоку керування до двигунів поступає сигнал на зміну положення трекера на визначену величину.
- Основним принципом роботи системи є компенсація лише двох зміщень Землі: добового зміщення в наслідок обертання Землі довкола своєї осі (річного зміщення та обертання Землі навколо Сонця). Ця система для керування положенням трекера до Сонця містить в собі таймер, в якому задана добова чи річна програма, за якою працюють актуатори.

МОДЕЛЬ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ КЕРУВАННЯ СОНЯЧНОЮ ПАНЕЛЛЮ

Для реалізації програмного забезпечення комп'ютерної системи керування сонячним трекером було розроблено структурну схему, яку зображено на рисунку. Структурна схема відображає архітектуру системи в загальному вигляді.



МОДЕЛЬ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ КЕРУВАННЯ СОНЯЧНОЮ ПАНЕЛЛЮ

▣ Δ

Для інтелектуального методу використання програмного управління, за допомогою якого мікроконтролер буде самостійно визначати положення Сонця шляхом проведення обчислень формул небесної механіки, використовуючи географічні координати сонячної електростанції, а також поточну дату та час. Для позиціонування фотоелектричних елементів в напрямку Сонця необхідно обчислити два основних параметри, а саме куту висоту Сонця та азимутівий кут. Вони не можуть бути повторно використані для іншого проміжку часу через нахил Землі і її руху навколо Сонця

МОДЕЛЬ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ КЕРУВАННЯ СОНЯЧНОЮ ПАНЕЛЛЮ

Математичне забезпечення

- Конвертація градусів у радіани. Для математичних обчислень основною одиницею вимірювання плоских кутів вважається радіан, тому для перетворення градусів в радіан слід використовувати наступну формулу:
- $Rad = \frac{\pi \cdot v}{180}$,
- Меридіан місцевого стандартного часу вираховується за формулою
- $LSTM = 15 \cdot \Delta T_{UTC}$,
- Для визначення рівняння часу потрібно скористатися нижче наведеною формулою:
- $EoT = 9.87 \cdot \sin(2 \cdot B_{rad}) - 7.53 \cdot \cos(B_{rad}) - 1.5 \cdot \sin(B_{rad})$,
- Де B визначається за формулою:
- $B = \frac{360}{365} \cdot (DY - 81)$,

МОДЕЛЬ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ КЕРУВАННЯ СОНЯЧНОЮ ПАНЕЛЛЮ

Математичне забезпечення

- Корекційний коефіцієнт часу можна визначити за формулою:
- $B = 4 \cdot (Longitude - LSTM) \cdot EoT$
- Місцевий сонячний час. Час який визначається в місці знаходження спостерігача видимим положенням Сонця на небесній сфері. Для визначення місцевого сонячного часу потрібно скористатися наступною формулою:
- $LST = H + \frac{TC}{60} + \frac{M}{60}$
- Часовий кут перетворює місцевий сонячний час в число радіан на які Сонце рухається по небу. Часовий кут визначається за формулою:
-
- $HRA = \frac{15 \cdot LST \cdot \pi}{180}$,

МОДЕЛЬ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ КЕРУВАННЯ СОНЯЧНОЮ ПАНЕЛЛЮ

Математичне забезпечення

- Кут схилення Сонця який являє собою кут між променями сонця і площиною екватора Землі. Даний кут змінюється в залежності від сезону через нахил Землі навколо своєї осі обертання і обертання Землі навколо Сонця. Кут схилення сонця можна обчислити за формулою:

$$\delta = \frac{23.45 \cdot \sin(B_{rad}) \cdot \pi}{180},$$

- Кутлова висота Сонця. Висота Сонця над горизонтом не є постійною величиною, вона змінюється протягом дня і залежить від широти конкретного місця і дня року. Щоб визначити кутову висоту Сонця протягом дня потрібно скористатися наступною формулою:

$$Elevation = \arcsin((\sin(\delta) \cdot \sin(Latitude)) + (\cos(\delta) \cdot \cos(Latitude) \cdot \cos(HRA)))$$

- Азимутальний кут обчислюється за формулою:

$$Azimuth = \arccos\left(\frac{\cos(Latitude) \cdot \sin(\delta) - \cos(\delta) \cdot \sin(Latitude) \cdot \cos(HRA)}{\cos(Elevation)}\right),$$

МОДЕЛЬ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ КЕРУВАННЯ СОНЯЧНОЮ ПАНЕЛЛЮ

Математичне забезпечення

- Розрахунок сходу та заходу скористаємося наступними формулами:

$$Sunrise = 12 - \frac{\arccos(A)}{0.261799} - \frac{TC}{60}$$

$$Sunrise = 12 + \frac{\arccos(A)}{0.261799} - \frac{TC}{60}$$

- де TC – корекційний коефіцієнт часу;

- A – визначається за формулою.

$$Sunrise = -1 \cdot \frac{\sin(Latitude) \cdot \sin(\delta)}{\cos(Latitude) \cdot \cos(\delta)}$$

- Тривалість дня розрахуємо за формулою:

$$DL = \frac{24}{\pi} \cdot \arccos(-tg(Latitude) \cdot tg(\delta)),$$

Програмна реалізація інтелектуального методу та технічно-програмного засобу керування сонячною панеллю

Статистика за день. Номер Дня (1-365): 65 Розраховувати Вітер

Sunrise = 8:39 Sunset = 19:40

Time = 0 Angle = 90
 Time = 1 Angle = 90
 Time = 2 Angle = 90
 Time = 3 Angle = 90
 Time = 4 Angle = 90
 Time = 5 Angle = 90
 Time = 6 Angle = 90
 Time = 7 Angle = 90
 Time = 8 Angle = 90
 Time = 9 Angle = 55
 Time = 10 Angle = 68
 Time = 11 Angle = 80
 Time = 12 Angle = 92
 Time = 13 Angle = 103
 Time = 14 Angle = 115
 Time = 15 Angle = 128
 Time = 16 Angle = 142
 Time = 17 Angle = 156
 Time = 18 Angle = 167
 Time = 19 Angle = 161
 Time = 20 Angle = 90
 Time = 21 Angle = 90
 Time = 22 Angle = 90
 Time = 23 Angle = 90
 Time = 24 Angle = 90

Швидкість вітру м/с

Напрямок руху вітру:

Години з

по

Застосувати
 Очистити

Статистика за день. Номер Дня (1-365): 65 Розраховувати Вітер

Sunrise = 8:39 Sunset = 19:40

Time = 0 Angle = 90
 Time = 1 Angle = 90
 Time = 2 Angle = 90
 Time = 3 Angle = 90
 Time = 4 Angle = 90
 Time = 5 Angle = 90
 Time = 6 Angle = 90
 Time = 7 Angle = 90
 Time = 8 Angle = 90
 Time = 9 Angle = 55
 Time = 10 Angle = 68
 Time = 11 Angle = 80
 Time = 12 Angle = 92
 Time = 13 Angle = 103
 Time = 14 Angle = 115
 Time = 15 Angle = 128
 Time = 16 Angle = 180 wind angle = 230
 Time = 17 Angle = 180 wind angle = 230
 Time = 18 Angle = 180 wind angle = 230
 Time = 19 Angle = 180 wind angle = 230
 Time = 20 Angle = 180 wind angle = 230
 Time = 21 Angle = 90
 Time = 22 Angle = 90
 Time = 23 Angle = 90
 Time = 24 Angle = 90

Швидкість вітру м/с

Напрямок руху вітру:
 SW

Години з

по

Застосувати
 Очистити

Програмна реалізація інтелектуального методу та технічно-програмного засобу керування сонячною панеллю

Статистика за день. Номер Дня (1-365): 55 Розраховувати Хмарність

Sunrise = 8:59 Sunset = 19:24

Time = 0 Angle = 90
 Time = 1 Angle = 90
 Time = 2 Angle = 90
 Time = 3 Angle = 90
 Time = 4 Angle = 90
 Time = 5 Angle = 90
 Time = 6 Angle = 90
 Time = 7 Angle = 90
 Time = 8 Angle = 90
 Time = 9 Angle = 57
 Time = 10 Angle = 70
 Time = 11 Angle = 83
 Time = 12 Angle = 94
 Time = 13 Angle = 105
 Time = 14 Angle = 62 Хмарність
 Time = 15 Angle = 62 Хмарність
 Time = 16 Angle = 62 Хмарність
 Time = 17 Angle = 62 Хмарність
 Time = 18 Angle = 169
 Time = 19 Angle = 153
 Time = 20 Angle = 90
 Time = 21 Angle = 90
 Time = 22 Angle = 90
 Time = 23 Angle = 90
 Time = 24 Angle = 90

Швидкість вітру м/с

Години з

по

Застосувати
 Очистити

Статистика за день. Номер Дня (1-365): 55 Розраховувати Важкі опади

Sunrise = 8:59 Sunset = 19:24

Time = 0 Angle = 90
 Time = 1 Angle = 90
 Time = 2 Angle = 90
 Time = 3 Angle = 90
 Time = 4 Angle = 90
 Time = 5 Angle = 90
 Time = 6 Angle = 90
 Time = 7 Angle = 90
 Time = 8 Angle = 90
 Time = 9 Angle = 57
 Time = 10 Angle = 70
 Time = 11 Angle = 83
 Time = 12 Angle = 94
 Time = 13 Angle = 105
 Time = 14 Angle = 90 wind angle = 145 Важкі опади
 Time = 15 Angle = 90 wind angle = 145 Важкі опади
 Time = 16 Angle = 90 wind angle = 145 Важкі опади
 Time = 17 Angle = 90 wind angle = 145 Важкі опади
 Time = 18 Angle = 169
 Time = 19 Angle = 153
 Time = 20 Angle = 90
 Time = 21 Angle = 90
 Time = 22 Angle = 90
 Time = 23 Angle = 90
 Time = 24 Angle = 90

Швидкість вітру м/с

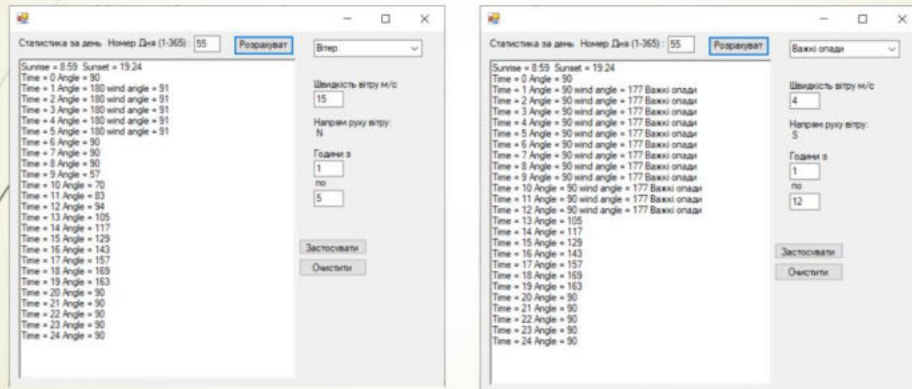
SN

Години з

по

Застосувати
 Очистити

Програмна реалізація інтелектуального методу та технічно-програмного засобу керування сонячною панеллю



Перелік публікацій

- За темою дипломної роботи опублікована одна публікація у Збірку наукових праць за матеріалами XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2021». Хмельницький-2021.



Дякую за увагу!

ДОДАТОК Г (обов'язковий)

ПРИКЛАДИ РОБОТИ ПРОГРАМИ В РІЗНИХ ПОГОДНИХ УМОВАХ

Статистика за день Номер Дня (1-365) :

Вітер

Швидкість вітру м/с

Напрямок руху вітру:

Години з

по

```

Sunrise = 8:59 Sunset = 19:24
Time = 0 Angle = 90
Time = 1 Angle = 90
Time = 2 Angle = 90
Time = 3 Angle = 90
Time = 4 Angle = 90
Time = 5 Angle = 90
Time = 6 Angle = 90
Time = 7 Angle = 90
Time = 8 Angle = 90
Time = 9 Angle = 57
Time = 10 Angle = 70
Time = 11 Angle = 83
Time = 12 Angle = 94
Time = 13 Angle = 105
Time = 14 Angle = 117
Time = 15 Angle = 129
Time = 16 Angle = 143
Time = 17 Angle = 157
Time = 18 Angle = 169
Time = 19 Angle = 163
Time = 20 Angle = 90
Time = 21 Angle = 90
Time = 22 Angle = 90
Time = 23 Angle = 90
Time = 24 Angle = 90

```

Статистика за день Номер Дня (1-365) :

Вітер

Швидкість вітру м/с

Напрямок руху вітру:
SW

Години з

по

```

Sunrise = 8:59 Sunset = 19:24
Time = 0 Angle = 90
Time = 1 Angle = 90
Time = 2 Angle = 90
Time = 3 Angle = 90
Time = 4 Angle = 90
Time = 5 Angle = 90
Time = 6 Angle = 90
Time = 7 Angle = 90
Time = 8 Angle = 90
Time = 9 Angle = 57
Time = 10 Angle = 70
Time = 11 Angle = 83
Time = 12 Angle = 94
Time = 13 Angle = 105
Time = 14 Angle = 117
Time = 15 Angle = 180 wind angle = 232
Time = 16 Angle = 180 wind angle = 232
Time = 17 Angle = 180 wind angle = 232
Time = 18 Angle = 180 wind angle = 232
Time = 19 Angle = 163
Time = 20 Angle = 90
Time = 21 Angle = 90
Time = 22 Angle = 90
Time = 23 Angle = 90
Time = 24 Angle = 90

```

Статистика за день Номер Дня (1-365) :

Sunrise = 8:59 Sunset = 19:24
 Time = 0 Angle = 90
 Time = 1 Angle = 90
 Time = 2 Angle = 90
 Time = 3 Angle = 90
 Time = 4 Angle = 90
 Time = 5 Angle = 90
 Time = 6 Angle = 90
 Time = 7 Angle = 90
 Time = 8 Angle = 90
 Time = 9 Angle = 57
 Time = 10 Angle = 70
 Time = 11 Angle = 144 Хмарність
 Time = 12 Angle = 144 Хмарність
 Time = 13 Angle = 144 Хмарність
 Time = 14 Angle = 144 Хмарність
 Time = 15 Angle = 144 Хмарність
 Time = 16 Angle = 144 Хмарність
 Time = 17 Angle = 157
 Time = 18 Angle = 169
 Time = 19 Angle = 163
 Time = 20 Angle = 90
 Time = 21 Angle = 90
 Time = 22 Angle = 90
 Time = 23 Angle = 90
 Time = 24 Angle = 90

Години з
 по

Статистика за день Номер Дня (1-365) :

Sunrise = 8:59 Sunset = 19:24
 Time = 0 Angle = 90
 Time = 1 Angle = 90
 Time = 2 Angle = 90
 Time = 3 Angle = 90
 Time = 4 Angle = 90
 Time = 5 Angle = 90
 Time = 6 Angle = 90
 Time = 7 Angle = 90
 Time = 8 Angle = 90
 Time = 9 Angle = 57
 Time = 10 Angle = 90 wind angle = 219 Важкі опади
 Time = 11 Angle = 90 wind angle = 219 Важкі опади
 Time = 12 Angle = 90 wind angle = 219 Важкі опади
 Time = 13 Angle = 90 wind angle = 219 Важкі опади
 Time = 14 Angle = 90 wind angle = 219 Важкі опади
 Time = 15 Angle = 90 wind angle = 219 Важкі опади
 Time = 16 Angle = 90 wind angle = 219 Важкі опади
 Time = 17 Angle = 90 wind angle = 219 Важкі опади
 Time = 18 Angle = 90 wind angle = 219 Важкі опади
 Time = 19 Angle = 163
 Time = 20 Angle = 90
 Time = 21 Angle = 90
 Time = 22 Angle = 90
 Time = 23 Angle = 90
 Time = 24 Angle = 90

Швидкість вітру м/с
 Напрямок руху вітру: SW
 Години з
 по

Статистика за день Номер Дня (1-365) :

Важкі опади

Sunrise = 8:59 Sunset = 19:24

Time = 0 Angle = 90
 Time = 1 Angle = 90
 Time = 2 Angle = 90 wind angle = 177 Важкі опади
 Time = 3 Angle = 90 wind angle = 177 Важкі опади
 Time = 4 Angle = 90 wind angle = 177 Важкі опади
 Time = 5 Angle = 90 wind angle = 177 Важкі опади
 Time = 6 Angle = 90
 Time = 7 Angle = 90
 Time = 8 Angle = 90
 Time = 9 Angle = 57
 Time = 10 Angle = 70
 Time = 11 Angle = 83
 Time = 12 Angle = 94
 Time = 13 Angle = 105
 Time = 14 Angle = 117
 Time = 15 Angle = 129
 Time = 16 Angle = 143
 Time = 17 Angle = 157
 Time = 18 Angle = 169
 Time = 19 Angle = 163
 Time = 20 Angle = 90
 Time = 21 Angle = 90
 Time = 22 Angle = 90
 Time = 23 Angle = 90
 Time = 24 Angle = 90

Швидкість вітру м/с

Напря́м руху вітру:
 S

Години з

 по

Статистика за день Номер Дня (1-365) :

Вітер

Sunrise = 8:59 Sunset = 19:24

Time = 0 Angle = 90
 Time = 1 Angle = 180 wind angle = 91
 Time = 2 Angle = 180 wind angle = 91
 Time = 3 Angle = 180 wind angle = 91
 Time = 4 Angle = 180 wind angle = 91
 Time = 5 Angle = 180 wind angle = 91
 Time = 6 Angle = 90
 Time = 7 Angle = 90
 Time = 8 Angle = 90
 Time = 9 Angle = 57
 Time = 10 Angle = 70
 Time = 11 Angle = 83
 Time = 12 Angle = 94
 Time = 13 Angle = 105
 Time = 14 Angle = 117
 Time = 15 Angle = 129
 Time = 16 Angle = 143
 Time = 17 Angle = 157
 Time = 18 Angle = 169
 Time = 19 Angle = 163
 Time = 20 Angle = 90
 Time = 21 Angle = 90
 Time = 22 Angle = 90
 Time = 23 Angle = 90
 Time = 24 Angle = 90

Швидкість вітру м/с

Напря́м руху вітру:
 N

Години з

 по

Ім'я користувача:
Кафедра КІ

ID перевірки:
1011339175

Дата перевірки:
25.05.2022 20:44:58 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
25.05.2022 20:46:26 EEST

ID користувача:
100005591

Назва документа: Літвінко_2_Інтелектуальний метод і програмно-технічний засіб керування сонячною панел...

Кількість сторінок: 84 Кількість слів: 12146 Кількість символів: 88104 Розмір файлу: 4.69 MB ID файлу: 1011224875

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

12% Схожість

Найбільша схожість: 4.12% з Інтернет-джерелом (<https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/71282/1/S>)

11.2% Джерела з Інтернету 11 Сторінка 86

0.78% Джерела з Бібліотеки 7 Сторінка 86

0% Цитат

Не знайдено жодних цитат

Не знайдено жодних посилань

46.1% Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 8 слів та 0%)

1.64% Вилучення з Інтернету 22 Сторінка 87

46.1% Вилученого тексту з Бібліотеки 69 Сторінка 87

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи 20

Підозріле форматування 14 сторінок

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальное совпадение с одним документом 1.0%

Словари проверки: en_US, ru_RU, ua_UA. Ошибок в документах: 8%

ID: 103710 Название: Інтелектуальний метод і програмно-технічний засіб керування сонячною панеллю Добавлено в БД: 2022-05-20 Авторы: Літвінко І.В. Руководители: Мартинюк В.В. Консультанты: Оponentы:	Документ		Суммарное совпадение по Базе Данных	
	Символы	Лексемы	Символы	Лексемы
	40821	396	1826 (4%)	29 (7%)

Источник плагиата

ID	Описание	Наличие плагиата в документе	
		Символы	Лексемы

Завідувачу кафедри КПС
д-р.техн.наук, проф. Говорущенко Т. О.

Літвінко І.В.

ІІБ здобувача вищої освіти

ФПКТС, 2 курсу, групи КІ2м-19-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіатоповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

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

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

25.04.2022

дата



підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

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

Назва: Інтелектуальний метод та програно-технічний засіб керування сонячною панеллю

Автор: Літвінко Ігор Валерійович

Спеціальність: 123 – Компютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-наукова

Науковий керівник: Мартинюк Валерій Володимирович

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

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

Підтвердження:

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

- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 5.58% і адресується до 105 першоджерела, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІІСч




І. В. Літвінко

О. С. Савенко

Т. О. Говорущенко

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Літвінко Ігор Валерівич

Тема: Інтелектуальний метод та програмно-технічний засіб керування сонячною панеллю

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг дипломної роботи:

Кількість сторінок записки 82 с.

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є розроблення інтелектуального методу та програмно-технічний засіб керування сонячною панеллю.

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню.

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: В першому розділі проведено огляд та аналіз відомих методів та технічно-програмних засобів керування сонячною панеллю. В другому розділі проведено моделювання програмно-технічних засобів керування сонячною панеллю. В третьому розділі розроблено програмну реалізацію інтелектуального методу та технічно-програмного засобу керування сонячною панеллю. В четвертому розділі реалізовано експериментальне дослідження інтелектуального методу та програмно-технічного засобу керування сонячною панеллю.

4. Позитивні сторони роботи: програмна реалізація інтелектуального методу.

5. Негативні сторони роботи: розроблений метод не має технічного формалізованого представлення.

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

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


8. Інші зауваження: _____

9. Оцінка дипломної роботи: Задовільно/Е.

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

Підченко Сергій Костянтинович, зав. кафедри ТМІТ

“ ” _____ 2022 р.

 _____ (підпис)