

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Факультет електроніки
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра мікроелектроніки
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ (підпис)

_____ (ініціали, прізвище)

“ ” _____ 20__ р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності _____
(код і назва)

на тему: Система управління ефективністю фотоелектричного перетворювача на основі мікропроцесорних пристроїв

Виконав: студент 6 курсу, групи ДП – 72 мп
(шифр групи)

Яременко Олександр Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Науковий керівник д.т.н., проф. Якименко Ю.І.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультант з нормоконтролю доц., доц., к.т.н. Орлов А.Т.

Консультант з інформаційних питань ст. викл., к.т.н. Діденко Ю.В.

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2018 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Інститут (факультет) _____ **Факультет електроніки** _____
(повна назва)

Кафедра _____ **Кафедра мікроелектроніки** _____
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність _____ **153 «Мікро- та наносистемна техніка»** _____
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____ (підпис) _____ (ініціали, прізвище)

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

ДП-72мп Яременка Олександра Сергійовича

(група, прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації: Система управління ефективністю фотоелектричного перетворювача на основі мікропроцесорних пристроїв

науковий керівник дисертації: д.т.н, п. проректор Якименко Юрій Іванович,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом дисертації: _____

3. Об'єкт дослідження: Фотоелектричні перетворювачі

4. Предмет дослідження: Проблема ефективності роботи фотоелектричного перетворювача

5. Перелік завдань:

1. Розробити систему управління ефективністю фотоелектричного перетворювача на основі мікропроцесорних пристроїв

2. Створити схему системи управління ефективністю фотоелектричного перетворювача на основі мікропроцесорних пристроїв

3. Провести аналіз досліджуваної схеми

4. Зробити висновки щодо ефективності створеної системи

5. Написання магістерської дисертації

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу:

1. Умовні зображення сонячного випромінювання на поверхні
2. Блок-схеми алгоритму роботи пристрою
3. Графіки розкиду параметрів схеми при наявності різних дефектів

7. Орієнтовний перелік публікацій

1. Метод відслідковування положення Сонця на основі датчиків
2. Метод відслідковування положення Сонця на основі заданих даних дати та часу в мікроконтролері

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Огляд літератури	25.12.17	
2	Розробка методу відстеження положення Сонця	20.02.18	
3	Створення автоматизованої системи управління ефективністю роботи фотоелектричного перетворювача на основі мікроконтролерного пристрою	10.03.18	
4	Аналіз досліджуваної схеми запропонованим методом	20.03.18	
5	Написання наукових статей	01.04.18	
6	Висновки щодо ефективності створеного методу	10.04.18	
7	Обговорення результатів з науковим керівником	20.04.18	
8	Написання магістерської дисертації	5.05.18	

Студент _____

(підпис)

Яременко О. С. _____

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації _____

(підпис)

Якименко Ю. І. _____

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота «Система управління ефективністю фотоелектричного перетворювача на основі мікропроцесорних пристроїв» за об'ємом складає 84 сторінки, містить 12 таблиці, 14 ілюстрації, використано 22 інформаційних джерел.

Актуальність роботи полягає у тому, що заміна традиційних джерел енергії відновлюваними джерелами є актуальним для всього світу, зокрема і для України. Одними з найбільш використовуваних таких джерел є сонячна енергія, що перетворюється на електричну за допомогою систем фотоелектричних перетворювачів. Порівняно невисокий коефіцієнт корисної дії і вартість таких систем уповільнюють їхнє поширення. Створення системи управління ефективністю фотоелектричного перетворювача спонукатиме до їх ширшого використання.

Об'єктом дослідження стали системи фотоелектричних перетворювачів.

Предмет роботи – дослідження методів підвищення ефективності систем фотоелектричних перетворювачів.

Метою роботи є дослідження методів управління ефективністю фотоелектричних перетворювачів на основі мікропроцесорних пристроїв.

Ключові слова: ФОТОЕЛЕКТРИЧНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ, МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ ПРИСТРІЙ, ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ.

ABSTRACT

The work is presented in 84 pages, contains, 12 tables, 14 illustrations, 22 information sources have been used.

The urgency of the work is that the replacement of traditional sources of energy with renewable sources is relevant for the whole world, including for Ukraine. One of the most commonly used sources is solar energy, which is converted to electric by means of photovoltaic converters. The relatively low efficiency and the cost of such systems slows down their spread. Creating a control system for the effectiveness of the photovoltaic converter will lead to their wider use.

The object of the study was the system of photovoltaic converters.

Subject of work - study of methods for increasing the efficiency of photoelectric converters systems.

The purpose of the work is to study the methods of controlling the efficiency of photovoltaic converters based on microprocessor devices.

Key words: PHOTOELECTRIC CONVERTER, MICROPROCESSOR DEVICE, EFFECTIVENESS INCREASE.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ПАДАЮЧЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ПОВЕРНЮ.....	3
1.1 Розрахунок падаючого випромінювання на поверхню.....	4
2 МЕТОДИ ВІДСТЕЖЕННЯ СОНЦЯ.....	8
2.1 Приріст енергії в системах стеження.....	10
3 ВИБІР МЕТОДУ ВІДСЛІДКУВАННЯ ПОЛОЖЕННЯ СОНЦЯ.....	24
3.1. Пасивні трекери.....	25
3.2 Активні трекери.....	27
3.2.1 Сонячна батарея на основі мікропроцесора та електрооптичного датчика.....	28
3.2.2. Допоміжна двобічна сонячна панель в сонячній батареї.....	41
3.2.3. Визначення положення Сонця на основі даних про дату і час.....	44
3.2.4. Поєднання системи визначення положення Сонця за допомогою сенсора та системи визначення за датою і часом.....	49
4 РЕАЛІЗАЦІЯ АПАРАТНОЇ СИСТЕМИ ПРОПОНОВАНОЇ СИСТЕМИ.....	55
4.1 Вибір (обґрунтування) комплексу технічних засобів.....	59
4.2 Оцінка ефективності пропонуваної системи.....	62
5 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ.....	66
5.1 Опис ідеї проекту.....	66
5.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	67
5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	67
5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту.....	72
5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	73
ВИСНОВКИ.....	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	83

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ СИМВОЛІВ І ТЕРМІНІВ

ФЕП – фотоелектричний перетворювач

СЕУ – сонячна енергетична установа

ККД – коефіцієнт корисної дії

БЖ – блок живлення

СБ – сонячна батарея

ВСТУП

Пошук достатніх запасів чистої енергії для майбутнього є однією з найскладніших завдань суспільства. Альтернативні поновлювані джерела енергії, такі як сонячна енергія, можуть задовольнити великі потреби людини в енергії. Сонячна енергія - це енергія, що отримується від сонячних променів в формі тепла і електрики. Ця енергія необхідна для всього життя на Землі. Це поновлюваний ресурс, який є чистим, економічним і з меншим рівнем забруднення в порівнянні з іншими ресурсами і енергією [1]. Тому сонячна енергія швидко здобуває популярність як важливий засіб розширення поновлюваних джерел енергії.

Покриття 0,16% землі на землі за допомогою 10% ефективних систем перетворення сонячної енергії забезпечить 20 ТВт електроенергії, що майже вдвічі перевищує світовий рівень споживаної викопної енергії.

Безпосереднє перетворення сонячного світла в електрику здійснюється за допомогою сонячних батарей. Народження сучасної ери сонячних батарей PV відбулося в 1954 році, коли D. Chapin, C. Fuller і G. Pearson в Bell Labs продемонстрували сонячні елементи на основі p - n-переходів в монокристалах Si з ККД 5-6%.

В даний час популярність сонячної енергії в поєднанні зі зменшенням вартості за піковий ват мають прямий вплив на збільшення частки використання сонячної енергетики в житловому секторі. Але це все ще дуже дорого в порівнянні з тим, що електроенергетична компанія стягує за кіловат-годину [1]. Крім того, великі сонячні панелі потребують ідеальної стаціонарної установки, щоб отримати максимум сонячного світла і споживати багато енергії, щоб повертатися вліво або вправо навколо однієї осі кожен годину або близько того. Щоб отримати ефективну систему сонячного трекера, використовується одна невелика сонячна панель, щоб отримати графічні дані про становище Сонця при його виявленні і відправити ці дані на великі панелі.

Ця система може бути встановлена в будь-якій точці світу, не знаючи напрямку сонця і пори року.

Максимізація вихідної потужності сонячної системи бажана для підвищення ефективності. Щоб максимізувати вихідну потужність сонячних батарей, необхідно тримати панелі вирівняними по відношенню до сонця. Це безперечно економічно вигідніше рішення, ніж покупка додаткових сонячних панелей. Було підраховано, що вихід від сонячних батарей може бути збільшений на 30-60% за рахунок використання системи стеження замість стаціонарного масиву.

Дисертація включає розробку і впровадження системи сонячного стеження на основі мікроконтролера. Сонячне стеження дозволяє виробляти більше енергії, тому що сонячна панель відстежує точку максимальної потужності в залежності від положення сонця.

1 ПАДАЮЧЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ПОВЕРНЮ

Земля обертається навколо Сонця по еліптичній орбіті з Сонцем в якості одного з фокусів. Площина цієї орбіти називається екліптикою. Час, необхідний Землі для завершення цієї орбіти, визначається в рік. Відносне положення Сонця і Землі зручно представити за допомогою небесної сфери навколо Землі. Екваторіальна площину перетинає небесну сферу у небесному екваторі і полярну вісь в небесних полюсах. Рух Землі навколо Сонця потім зображується видимим рухом Сонця в еліптичному, який нахилений в 23.458 щодо небесного екватора. Кут між лінією, що з'єднує центри Сонця і Землі, і її проекцією на екваторіальну площину називається кутом схилення Сонця (d). Цей кут дорівнює нулю в позиціях вени (20/21 березня) і осені (22/23 вересня).

Земля сама обертається зі швидкістю один оборот в день навколо полярної осі. Щоденне обертання Землі зображується обертанням небесної сфери навколо полярної осі, а

миттєве положення сонця описується годинним кутом v ,

кут між меридіаном, що проходить через сонце, і меридіаном майданчика. Часовий кут дорівнює нулю в сонячний полудень і збільшується на схід. Для спостерігачів на земній поверхні на

місце розташування з географічною широтою w , зручна координата

Система визначається вертикальною лінією на ділянці, який перетинає небесну сферу у двох точках - зеніті і надирі і становить кут w з полярною віссю (рис. 1). Велике коло, перпендикулярний вертикальній осі, є горизонтом.

Широта (w) точки та місцезнаходження - це кут,

радіальна лінія, що з'єднує місце розташування з центром землі з проекцією лінії на екваторіальну площину. Вісь обертання Землі перетинає земну поверхню на широті 90° (Північний полюс) і на широті 90° (Південний полюс). Будь-яке місце розташування на поверхні землі може бути визначено перетином кута довготи і кута широти.

Кут висоти Сонця (a) визначається як вертикальний кут

між проекцією сонячних променів на горизонтальну площину і напрямком сонячних променів, що проходять через точку, як показано на рис. 1. В якості альтернативи висота сонця може бути описана в термінах сонячний зенітний кут (uz), який є вертикальним кутом між сонячними промені і лінія, перпендикулярна горизонтальній площині через точку ($uz = 90 - a$). Сонячний азимутальний кут (gs) - це горизонтальний кут, що від півдня (в північній півкулі) до горизонтальної проекції сонячних променів [1].

Були проведені опитування для визначення взаємозв'язку між цими параметрами і розрахунку сонячних позицій. Уолравен розрахував параметр для визначення положення сонця за допомогою програми FORTRAN. Розраховані параметри були; час, довгота сонця, схилання, місцевий азимут, висота, схід і захід в реальному часі. Було згадано, що обчислене положення сонця знаходилося з точністю до 0,018 [1].

1.1 Розрахунок падаючого випромінювання на поверхню

Дані про сонячному випромінюванні зазвичай даються в формі глобального випромінювання на горизонтальній поверхні, а фотоелектричні панелі зазвичай розташовані під кутом до горизонтальної площини; отже, підведення енергії до фотоелектричної системі повинен бути розрахований відповідним чином. Розрахунок відбувається в три етапи. На першому етапі дані для сайту використовуються для визначення дифузного і променевого компонентів глобального опромінення в горизонтальній площині. Це здійснюється з використанням позаземного добового опромінення, B_0 , як еталон і розрахунку відносини $KT = G / B_0$, відомого як індекс чіткості, де

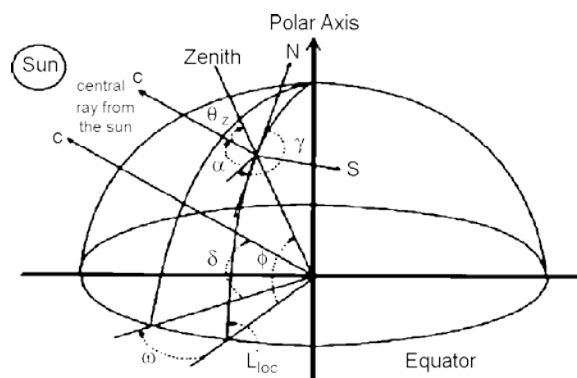


Рисунок 1. Схематичне зображення сонячних кутів [2].

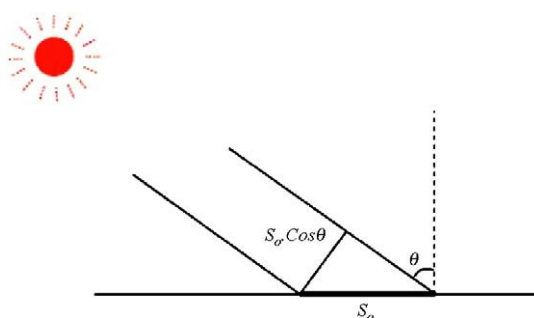


Рисунок 2. Кут падіння сонячного випромінювання [5]

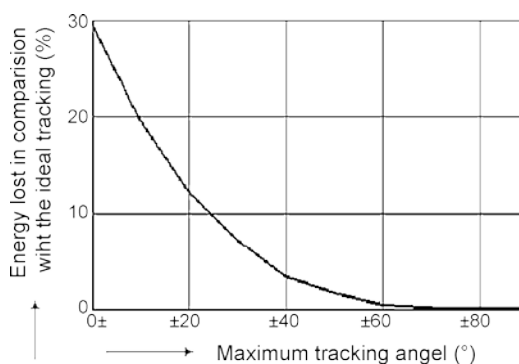


Рис 3. Енергія втрачається в залежності від максимального кута відстеження в порівнянні з ідеальним відстеженням [5].

G - щоденне глобальне опромінення на горизонтальній площині (зазвичай середньомісячне значення), а KT описує середнє ослаблення сонячної радіації атмосферою в даному місці протягом даного місяця. На другому етапі дифузне опромінення отримують з використанням емпіричного правила про те, що дифузна частка D / G глобального випромінювання є універсальною функцією індексу чіткості KT (D - середньомісячне середньодобове дифузне опромінення

на горизонтальній площині в Вт / м²). Оскільки $V = G - D$, ця процедура визначає як розсіяне, так і променеве опромінення в горизонтальній площині (В - денний промінь опромінення в горизонтальній площині).

На третьому етапі відповідна кутова залежність кожного компонента використовується для визначення дифузного і променевого опромінення на похилій поверхні. З урахуванням відбивної здатності навколишнього області також може бути визначено альbedo. Загальна добова опромінення на похилій поверхні потім виходить шляхом додавання трьох компонентів [2].

Сонце рухається по небу вдень. У разі нерухомих сонячних колекторів проекція площі колектора на площину, перпендикулярна напрямку випромінювання, визначається функцією косинуса кута падіння (рис. 2).

Чим вище кут падіння α , тим менше потужність.

Теоретичний розрахунок витягнутої енергії в разі використання стежать колекторів здійснюється виходячи з припущення, що максимальна інтенсивність випромінювання $I = 1100$ Вт / м² падає на область, орієнтовану перпендикулярно напрямку випромінювання. Якщо взяти тривалість дня $t = 12$ год = 43 200 с, то інтенсивність стежить колектора, який завжди оптимально орієнтований щодо сонця, порівнюється з інтенсивністю фіксованого колектора, який орієнтований перпендикулярно напрямку випромінювання тільки в полудень. Область колектора позначена як S_0 .

(А) Для фіксованого колектора площа проекції в області, орієнтованої перпендикулярно напрямку випромінювання, дорівнює $S = S_0 \cos \alpha$, де α змінюється в інтервалі $(-\pi / 2, + \pi / 2)$ протягом дня. Кутова швидкість сонця, що рухається по небу, дорівнює $\omega = 2\pi / T = 7.27 \times 10^{-5}$ рад / с, а диференціал падаючої енергії дорівнює $dW = IS dt$.

(Б) Для стежить колектора, нехтуючи впливом атмосфери, енергія на одиницю площі протягом усього дня

$W \approx IS_0 t \approx 4.75 \times 10^7 \text{ Ws} \approx 13.2 \text{ кВтг} = \text{м}^2 \text{ день} \quad (2)$

Порівнюючи рівняння (1) і (2), 57% більше енергії розраховується для останнього випадку. Така кількість енергії можна отримати, наприклад, на

Порівнюючи рівняння (1) і (2), 57% більше енергії розраховується для останнього випадку. Така кількість енергії можна отримати, наприклад, на

поверхні Місяця. Сонячні промені, що досягають поверхні землі, проходять через товстий шар атмосфери. Оскільки ми відхилилися від полудня, сонячна інсоляція на поверхні слабшає.

Також в розрахунках можна розглянути тривалість дня більше 12 годин. На рис. 3 показана залежність втрати енергії від максимального кута відстеження в порівнянні з ідеальним відстеженням. Ясно, що при кутах спостереження за межами T608 значного приросту енергії не виходить [2].

2 МЕТОДИ ВІДСТЕЖЕННЯ СОНЦЯ

Сонячний трекер - це електромеханічна система, яка використовується для орієнтації сонячної фотоелектричної панелі в напрямку сонця. Він використовується в багатьох додатках, таких як транспортна сигналізація, маяки, телефони швидкої допомоги, встановлені на автомагістралях і т. Д. Його основна мета - знайти максимальне сонячне випромінювання, щоб отримати максимальний заряд батарей.

Електрика може бути вироблено від сонця декількома способами. Фотогальваніка (PV) була розроблена в основному для малих і середніх додатків, від калькулятора, що живиться від одного сонячного елемента, до фотоелектричної електростанції. Для великомасштабного виробництва концентрують сонячні теплові електростанції були більш поширені, однак недавно були побудовані нові мульти-мегаватні фотоелектричні установки [3]. Фотоелемент (фотоелемент) являє собою спеціалізований напівпровідник, який перетворює видиме світло в постійний струм (DC). Деякі фотоелементи можуть виробляти електрику постійного струму від інфрачервоного (IR) або ультрафіолетового (UV) випромінювання. Фотоелектричні елементи є невід'ємною частиною сонячно-електричних енергетичних систем, які стають все більш важливими в якості альтернативних джерел енергетичної корисності.

Сонячні елементи генерують електрику постійного струму від світла, який, в свою чергу, може використовуватися в багатьох додатках, таких як: зарядка батарей, харчування обладнання і т. Д Вони генерують струми, поки світить світло, як показано на рисунку 1.

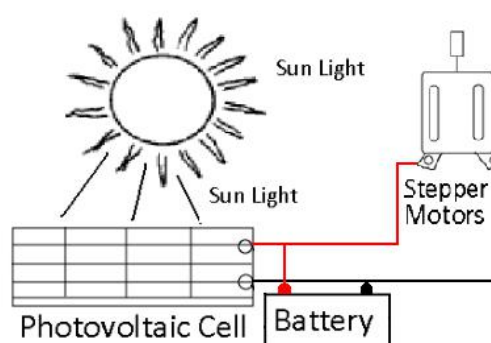


Рисунок 1. Структурна схема сонячної енергетичної системи

Сонячний трекер - це електромеханічний пристрій для орієнтації сонячної фотоелектричної панелі в сторону сонячних трекерів, особливо в застосуваннях сонячних батарей; вимагають високого ступеня точності, щоб гарантувати, що концентрований сонячне світло спрямований точно на пристрій з живленням [4].

Сонячні трекери можуть бути активними або пасивними і можуть бути одноосьовими або двухосними. Одноосьові трекери зазвичай використовують полярне кріплення для максимальної сонячної ефективності і використовують ручне регулювання кута нахилу (осі нахилу) на другий осі, яку можна регулярно регулювати протягом року. Було підраховано, що вихід від сонячних батарей може бути збільшений на 30-60 відсотків за рахунок використання системи стеження замість стаціонарного масиву [4].

Трекери можуть бути відносно недорогими для фотовольтаїки. Це робить їх особливо ефективними для фотоелектричних систем з використанням високоефективних панелей [8]. Сонячні трекери зазвичай потребують огляді і мастилі на регулярній основі.

Активні трекери, які використовують двигуни та зубчасті передачі, управляються електронною схемою, що реагує на сонячне напрямом.

У цій статті реалізований сонячний трекер для виявлення максимальної потужності від сонячного світла. Позначки максимального полум'я виявлення зберігається в пам'яті. Збережені дані можуть бути застосовні для багатьох застосувань, таких як великі фотоелектричні панелі можуть відслідковувати сонце протягом всього денного світла і тим самим дають більше 95% ефективності у виробництві електроенергії; сонячні обігрівачі також стежитимуть за сонцем протягом усього дня, і тим самим буде потрібно менше панелей при первісної вартості; в той час як в системах домашньої автоматизації ця система також необхідна для включення і виключення світла, а також для відкривання і закривання штор.

Виявлення положення сонця проходить кілька етапів. Цифрова система використовується для розрахунку максимальної сонячної радіації. Він підключений до крокової двигуна і до фоторезистора для перенаправлення панелі на сонці. Він відправляє отримані дані (положення сонця) на крокові двигуни, щоб розташувати їх до сонця. Заплутані положення зберігаються в регістрах цифрового процесора, такого як мікроконтролер, і можуть відображатися на РК-дисплеї або передаватися для управління віддаленої системою. Рисунок 2 ілюструє системну блок-схему.

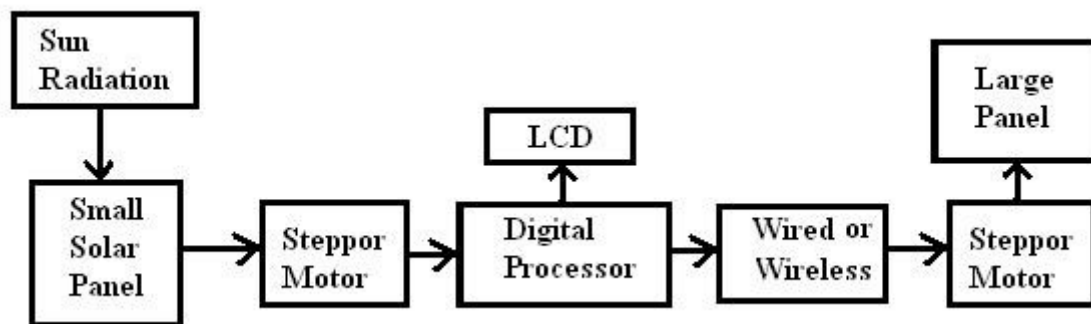


Рисунок 2. Структурна схема сонцезахисту

2.1 Приріст енергії в системах стеження

Сонячне стеження може бути реалізовано за допомогою одноосьових, а для більш високої точності - двохосьових систем сонячного стеження. Для двухосной системи відстеження сонця відомі два типи: полярне (екваторіальна) відстеження та відстеження по азимуту / висоті (висота-азимут).

Сонячний трекер, пристрій, який утримує фотоелектричні або фототермічні панелі в оптимальному положенні, перпендикулярному сонячного випромінювання в денний час, збільшує зібрану енергію. Перший трекер, представлений Фінстером в 1962 році, був повністю механічним. Рік по тому Saavedra представила механізм з автоматичним електронним управлінням, який був використаний для орієнтації піргеліометра Епплі [5].

Трекери не повинні вказувати прямо на сонце, щоб бути ефективними. Якщо мета вимкнена на 108, вихід і раніше становить 98,5% від максимуму

повного стеження. У самих хмарних і найнебезпечніших місцях приріст річного випуску трекерів може бути в діапазоні 20%. В цілому, в хорошому районі, щорічний приріст становить від 30 до 40%. Приріст в будь-який день може варіюватися від майже нуля до майже 100% [5].

Bione et al. порівняв насосні системи, які приводяться в рух фіксованими, що відстежують і відстежують з концентраційними PV. PV-V-образна система, що складається з чотирьох порожнин і двох PV-модулів для відстеження сонця уздовж його осі N-S, нахилена під кутом 208 на північ. Було проведено теоретичне моделювання, а також експериментальне порівняння між трьома випадками. Аналізуючи добову характеристическую криву для трьох даних режимів, результати показали, що для даного випромінювання інтенсивність потоку води, що перекачується значно відрізнялася одна від одної. Вони довели, що вигоди, отримані для обсягу води, були вище, ніж для зібраної сонячної енергії.

Фіксований PV, PV-трекер і концентрують системи стеження відкачували 4,9, 7,4 і 12,6 м³ / добу відповідно [6].

Томсон проаналізував продуктивність двохпозиційного контролю одиночного автономного центрифуги на пластині. Колектор обертався навколо своєї похилій осі два рази в день із заданими відхиленнями. Вплив різних кутів нахилу, початкового кута нахилу, початкового азимуту і кута азимута похилій площині оцінювалося на щоденний і сезонний приріст. Порівняння результатів моделювання і експерименту показало, що використання простого приводу стеження з низьким споживанням енергії для короткочасного щоденного руху збільшило сезонний вихід енергії на 10-20% в порівнянні з фіксованим південним колектором, нахиленим під оптимальним кутом [6].

Agee et al. вивчив ринкові тенденції і області застосування технологій відстеження сонячної енергії, пов'язані з ними витрати, вимоги до технічного обслуговування і досяжні поліпшення ефективності. Їх дослідження включали гідравлічні системи, системи з програмним управлінням і трекери на основі датчиків, такі як одноосний, двовісний, а також трекер з полярною віссю. Вони

прийшли до висновку, що гідравлічна система стеження підходить для установок з низькою продуктивністю. Вони виявили, що характеристики систем стеження за полярною віссю були аналогічні характеристикам двухосного типу, а їх вартість дорівнювала вартості одноосної системи стеження [7].

Ай і співавт. Запропоновано і зіставлені триступінчасті трекери азимута і годинного кута. Довжина дня на південному схилі була розділена на три рівні частини, щоб відрегулювати кут нахилу. Вважалося, що сума прямого випромінювання, отриманого в кожному часовому інтервалі, а також розсіювання неба і відображення від землі протягом дня, дозволила отримати математичну формулу для триступеневої системи стеження для оцінки добового випромінювання на площинах. Вони прийшли до висновку, що протягом усього року випромінювання на схилі з оптимізованим кутом нахилу становило 30,2%, а для двовісного азимутального треступенчатого трекінгу було на 72% більше, ніж на горизонтальній поверхні. Не було виявлено суттєвої різниці між одноосьовим азимутним триступінчастим стеженням і триступінчастим стеженням за кутовим кутом.

Michaelides et al. досліджував і порівняв продуктивність і економічну ефективність сонячного водонагрівача з поверхнею колектора в чотирьох ситуаціях: фіксований на 40° від горизонталі, одновісне відстеження з вертикальною віссю, фіксований нахил і змінний азимут і сезонний режим відстеження, де нахил колектора змінюється два рази на рік. Для аналізу системи вони використовували комп'ютерне моделювання з використанням програми моделювання TRNSYS для термосифонної системи. Результати моделювання показали, що найкращі теплові характеристики були отримані при одноосьовому стеженні. У Нікосії річна частка сонячної енергії (частка навантаження, яку забезпечує сонячна радіація) в цьому режимі склала 87,6% в порівнянні з 81,6% в сезонному режимі і 79,7% в режимі з фіксованою поверхнею, в той час як відповідні значення для Афін склали 81,4 %, 76,2% і 74,4% відповідно. З економічної точки зору режим з фіксованою поверхнею

виявився найбільш економічно ефективним [12]. Грасс і ін. Порівнювалися збірні параболічні колектори без стеження з двома новими стежать колекторами: параболічних жолобом і вакуумним колектором з інтегрованим стежить відбивачем. Відстеження проводилось з використанням магнітної одноосної системи відстеження. Для аналізу з відстеженням променів вони використовували код відстеження променів якомога швидше (Breault Research Organization Inc., 1999). Для визначення оптичної ефективності прямого і дифузійного випромінювання і модифікаторів кута падіння колекторів вимірювання проводилися поблизу температури навколишнього середовища. Результати показали, що за допомогою систем спостереження протягом дня можна підвищити оптичну ефективність прямого випромінювання. Проте, невеликі помилки відстеження можуть мати значні ефекти, якщо кут кроку малий [8].

Helwa et al. вивчав сонячну енергію, захоплену різними сонячними системами стеження. Вони розрахували сонячну енергію, зібрану з використанням вимірних глобальних, променевих і розсіяних випромінювань на горизонтальній поверхні. У тому експериментах використовувалися чотири системи: фіксована система з кутом нахилу 40° на південь, одновісне азимутальне стеження з кутом нахилу 33° , одновісне стеження, орієнтоване в напрямі N-S з кутом нахилу 68° , і двовісна система стеження, одна вісь вертикальна, а інша горизонтальна. Вони розробили формули для трьох режимів випромінювання, які стикаються з поверхнями, і написали комп'ютерну програму на бейсике для розрахунку і зберігання добового випромінювання для кожної системи. Порівняння розрахункових і вимірних даних показало середньорічне значення середньогодинної різниці (RMSD) в 5,36, 9,07, 7,92 і 5,98 для фіксованого трекера з вертикальною віссю, трекера з похилою віссю і двовісний трекера, відповідно. Всі значення перебували в прийнятному діапазоні [9].

Лоренцо і співавт. спроектував PV-трекер з одного вертикальною віссю (азимутальною віссю) і оцінив функції повернення. Кожен з 400 трекерів,

встановлених в Іспанії, використовував стандартний двигун змінного струму потужністю 0,25 к.с. Кут нахилу PV поверхонь залишався постійним. Вони відзначили, що енергія, зібрана ідеальним азимутним трекером, була приблизно на 40% вище, ніж енергія, відповідна оптимально нахиленою статичної поверхні, і на 10% вище, ніж у горизонтальній осі стеження. Вони розрахували затінення E-W і N-S між двома сусідніми трекера, що відбувається вранці або вдень. Вони рекомендували, щоб при затіненні цього можна було уникнути, перемістивши кут азимута поверхні від його ідеального значення, достатнього для того, щоб межа тіні проходила через кут суміжній поверхні (зворотний хід). Їх порівняння показало, що азимутальна зона спостереження була на 40% більше, ніж статична поверхню, тоді як відповідні витрати енергії можуть бути значно зменшені [9].

Компанія Mumba розробила ручну систему сонячного стеження для фотоелектричної сушарки, що працює в двох положеннях. Всмоктуючий вентилятор постійного струму 12 В, 0,42 А, що працює від PV, був поміщений під впускний отвір для повітря. Щоб підвищити ефективність колекторного модуля, сонце стежило за T308 від горизонталі. Мумба досліджував продуктивність в чотирьох випадках: відключення фотоелектричної системи без відстеження сонця, включення фотоелектричної системи без відстеження сонця, вимикання фотоелектричної системи з системою відстеження сонця і включення фотоелектричної системи з системою відстеження сонця. У випадках відстеження сонця модуль колектора нахилений вручну на схід при

8:00 ранку і на захід в 2:00 вечора. в той час як колекторний модуль був нахилений на 158 від горизонталі, щоб відповідати висоті сонця. Був зроблений висновок про те, що з точки зору рівномірної температури повітря найкраще підходить вентилятор, що стежить за сонцем, температура якого становить 60 ° С. З точки зору рівномірного приросту енергії, випадки спостереження за сонцем показали кращі результати, ніж випадки без стеження. Був зроблений висновок про те, що сонячний повітрянагрівач з ручним механізмом відстеження сонця може підвищити теплову ефективність до 80% [10].

Сангані і співавт. виготовлений і випробуваний V-подібний (з двома сонячними променями) концентратор, який використовує різні сонячні трекери, для зниження вироблення електроенергії за допомогою PV. Їх режимами відстеження були сезонне відстеження (А), одновісне відстеження N - S (В) і добове відстеження (С). Експериментальні результати для ВАХ і вихідної потужності фотоелектричного модуля при рівні інсоляції 900 Вт / м², зібраному при різних режимах трекінгу, показані на рис. 4 [10].

Проведено експериментальний і теоретичний аналіз зібраної енергії в оригінальних відстежують і не відстежують біфаціальних і небіфаціальних фотоелектричних сонячних системах. Розрахований і вимірний ефект відстеження показав збільшення зібраної енергії на 30-40%, в той час як для випадку відстеження з біфаціальними панелями і відбивачем, що збирає сонячне випромінювання для задньої поверхні, спостерігалось збільшення збирається енергії на 50-60% для тієї ж панелі [9].

Helwa et al. порівняли стаціонарні і відстежують фотоелектричні системи для оцінки енергоспоживання систем відстеження та впливу точності відстеження на вихід системи. Порівнюваними системами були: фіксована система з нахилом 40° по горизонталі, один трекер з вертикальною віссю (використовуючи для контролю час, дату і параметри майданчика), похила вісь 68°, паралельна напрямку NS (використовуючи для контролю параметри часу, дати та майданчики) і двовісний трекер азимута / кута піднесення (управляється мікропроцесором, які приймають команди від ПК). Використовувалися декілька датчиків обертів і кінцеві вимикачі. Їх криві порівняння між різними сонячними системами стеження показали, що збільшення річного приросту випромінювання від двовісний трекера, трекера з вертикальною віссю і трекера осі нахилу над фіксованою системою нахилу склало 30, 18 і 11% відповідно. Споживання енергії мікропроцесорами, електроустаткуванням, датчиками, електричним перемикачем і приводними двигунами для трекера з похилою віссю становило 50 Втч / день і 22 Втч / день, коли похибка спостереження становила T0,568 і T108 відповідно [10].

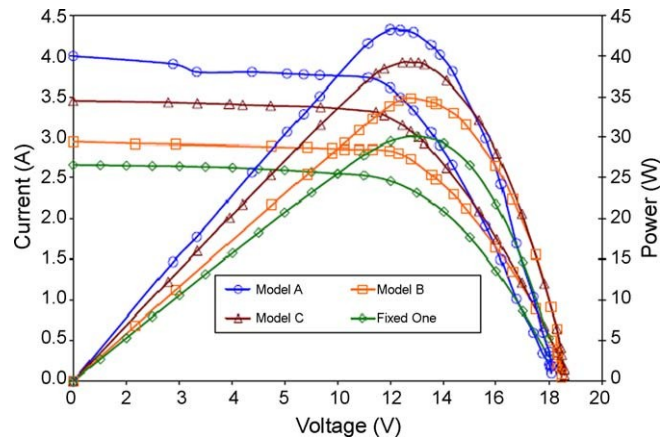


Рисунок 4. Криві I-V та вихідна потужність для різних V-подібних концентраторних PV систем, зібраних за моделлю-А, модель-В та модель-С [10]

Оладіран оцінив середнє глобальне випромінювання, захоплене f_l на поверхнях, нахилених в $w - 10$, w і $w + 108$ (w як широти), при цьому нахилиючи поверхню від 08 до 758 з 158 інтервалами азимутально для три зони в Нігерії. Середній сумарний сонячний потік, захоплений трьома нахилами колектора і шістьма азимутними кутами поверхні, був розрахований теоретично, і була написана комп'ютерна програма. Для графічного представлення файл даних був створений для кожного запуску програми. Загальна радіація за день року, середньомісячна радіація і середньорічна радіація для трьох зон були оцінені. Оладіран прийшов до висновку, що для всіх азимутальних кутів кут нахилу, рівний w , дає кращий цілорічний продуктивність [11].

Chicco і співавт. провели експериментальну оцінка виробництва фотоелектричних установок в режимі відстеження сонця і фіксації на трьох різних ділянках. На першій ділянці 15 окремих систем, контрольованих однією системою відстеження координат, порівнювалися з фіксованими випадками з азимутом 08 і кутами місця 368 . На другій ділянці 90 окремих систем з роздільним відстеженням за координатами порівнювалися з 08 азимутами і 308 з фіксованою системою координат. Для третьої ділянки становище системи

відстеження сонця оновлювалося кожні 15 хвилин, і фіксована система підтримувалася під кутом нахилу 30° з кутом підйому 35° . Результати показали, що середнє поліпшення при використанні системи відстеження сонця склало 32,9 і 35,1% від змодельованих значень і 37,7 і 30,4% від фактичних даних для першого і другого ділянок, відповідно. Для третьої ділянки щорічне поліпшення системи стеження за сонцем склало 31,5% [11].

Ібрагім сконструював електронно-одновісний концентрує колектор з електродвигуном для примусової циркуляції. Колектор був встановлений в двох точках для регулювання його нахилу за допомогою затискного гвинта для безперервного відстеження сонця зі сходу на захід в діапазоні 180° . Ефективність колектора вимірювалася для різних значень швидкостей масової витрати. Був зроблений висновок про те, що ефективність колектора збільшується (досягаючи максимального значення 62%) зі збільшенням швидкості потоку маси [11].

Brunatte et al. досліджував двоступеневий концентратор з одноосної системою стеження навколо полярної осі N - S. Кут нахилу половини першого ступеня концентрування був обраний рівним максимальному відміні сонця $23,5^{\circ}$. Вони протестували систему для різних умов і теоретично розрахували коефіцієнт концентрації для E-W і N-S трекінгу. Вони прийшли до висновку, що термодинамічно, коефіцієнт концентрації збільшується в три рази. Для першого прототипу концентраційна оптична ефективність 77,5% була виміряна при нормальній частоті [12].

Shaltout et al. спроектував і сконструював V-подібний концентратор на PV системі повного стеження. Система дала відносно високий приріст потужності сонячного елемента з аморфного Si, який був приблизно на 40% більше, ніж без концентратора. Їх графічне порівняння між концентрованим горизонтальним і стежить випромінюванням показало збільшення посилення приблизно на 23% для останнього [12].

Baltas et al. оцінювали вихідну потужність для фіксованих, покровових і безперервних систем відстеження в кількох місцях. Вони використовували

пряме випромінювання, сумарне випромінювання на горизонтальній поверхні і дані про температуру сухого термометра для комп'ютерного моделювання. Вони заявили, що фреонові трекери гарні для плоского масиву пластин, на відміну від концентраційних фотоелектричних систем, завдяки їх незалежності від хорошого точності трекінгу. Порівнюючи вихід енергії від різних систем стеження протягом типового року, вони прийшли до висновку, що двоступеневі масиви стеження (напрямок У-В, мінливий два рази в день, нахил на південну сторону, мінливий щомісяця) забезпечують близько 95% енергії, що отримується з масивів безперервного спостереження. Крім того, режим безперервного спостереження забезпечував на 33, 25,5 та 22,5% більше енергії в різних місцях над фіксованими масивами, відповідно. Безперервне відстеження збільшило виробництво енергії на 29,2 і 33% в порівнянні з південними фіксованими решітками, відповідно, для систем обліку без урахування і обліку відображення [13].

Гордон і співавт. вивчав розташування полів, чутливість трекера і геометрії масиву в сонячних фотоелектричних системах центральної станції. Їх розрахунки ґрунтувалися на погодинних комп'ютерних імітаційних моделях. Вони побудували криві для відносини земного покриття (GCR) і максимального кута повороту, що впливають на річні втрати енергії в стаціонарному і різних режимах стеження. GCR був визначений як відношення площі фотоелектричної матриці до загальної площі поверхні системи. Результати показали, що втрати затінення збільшуються з GCR для кожної системи. Стаціонарні та N-S горизонтальні осьові колектори (останній випадок давав 90% річної енергії для двовісний трекерів) при низьких значеннях GCR були найменш чутливими і стали істотними тільки при GCR вище близько 0,6. Відстеження по полярній осі (одновісне відстеження навколо осі NS, нахиленою під кутом нахилу, рівним широті) було кращим одноосьовим трекером, що забезпечує близько 97% річної енергії двохосьових трекерів, але воно було занадто чутливим до GCR, Хоча двухосевое відстеження максимізує річне виробництво енергії, воно вимагає відносно низького GCR. Вони також прийшли до висновку, що річна

енергетична жертва зменшується з максимальним кутом повороту для кожного трекера [13].

Нанн оцінила можливості систем стеження щодо вартості та інтенсивності випромінювання, отриманої від фіксованої (408) системи. Було згадано, хоча частка прямого нормального випромінювання на поверхні, перпендикулярної до Сонця, була на 54% більше, ніж на фіксованій, надлишок випромінювання, отриманого за допомогою одноосьових і двовісний систем стеження, складав 34 і 38%, відповідно і при сьогоднішніх витратах на модуль відстеження сонця може підвищити рентабельність фотоелектричної установки до 20%. Порівняння трьох стаціонарних, одноосьових і двовісний систем стеження показало, що випромінювання, отримане одноосьовим трекером, майже таке ж, як у двовісний трекерів; проте його вартість трекера становить приблизно половину вартості двухосного.

Браун і співавт. розрахована оптимальна геометрія для нерухомих і трекінгові поверхонь. Вони теоретично оцінили zenit, азимут сонця, азимут поверхні і кути нахилу для одновісних та двовісних трекерів сонця і прийшли до висновку, що для двовісний поверхонь стеження промінь випромінювання максимальний, коли азимут поверхні дорівнює азимуту сонця і нахилу поверхні одно zenitu [13].

Дікінсон провів оцінку довгострокової середньорічної радіації для фіксованих і відстежують колекторів. Після перевірки даних з декількох місць був зроблений висновок: (а) нахил β на пластинчастих колекторах в

оптимальний кут w - 58 збільшує річний обсяг інформації, що збирається радіації тільки на

На 10% більше, ніж у горизонтального колектора; (В) трекер з горизонтальною віссю N - S збільшує річне збиране випромінювання на 15% в порівнянні з горизонтальним трекером з віссю E - W, в той час як взимку трекер з віссю E - W збирає на 20% більше радіації, ніж у горизонтального N - S вісь; (С) трекер з полярною віссю матиме середньорічне випромінювання приблизно на 10% більше, ніж у трекера з горизонтальною віссю N - S; (D) двовісний

трекер отримує тільки на кілька відсотків більше випромінювання в порівнянні з таким у полярній осі трекера в рік.

Невілл розрахував сонячну інсоляцію для фіксованих і відстежують мод в різних широтах і орієнтаціях. Побудовані криві для фіксованих, E-W-трекінгу і ідеальних режимів трекінгу в залежності від широти показали, що ідеальне трекінг, на відміну від двох інших мод, майже однаково поводить при різних орієнтаціях колектора. Крім того, E-W трекінг призводить до отриманої енергії, що є близьким наближенням до ідеального нагоди трекінгу. Був зроблений висновок, що оптимальна виявлена інсоляція залежить не тільки від широти, режиму стеження і кута нахилу колектора, але також від погодного клімату, типу перетворювача енергії і методів зберігання або зберігання.

Фельске оцінив зміну азимута і кута нахилу на ефективність effectiveness на пластинчастих сонячні колектори. Був зроблений висновок, що для даного кута нахилу річний збір енергії практично нечутливий до азимутальної кутку до тих пір, поки не буде досягнута вертикальна орієнтація, при якій зібрана енергія фактично збільшується зі збільшенням кута азимута. У цьому випадку оптимальний кут нахилу дуже нечутливий до азимутальної кутку. Для даного азимутального кута оптимальний кут нахилу колектора на 38-108 менше, ніж ширина. Нарешті, було згадано, що навіть для місць з симетричним випромінюванням близько сонячного полудня бажано орієнтувати колектор на захід від півдня, оскільки денні температури зазвичай вище, ніж ранкові [14].

Метью і співавт. спроектував, сконструював і оцінив продуктивність сонячного трекера для фіксованої оцінки вихідної орієнтації. Їх сонячний трекер мав потенціал для забезпечення трьох ступенів свободи з хорошою точністю і високою точністю і здатний здійснювати навігацію на великі відстані без використання фізичних властивостей, таких як магнітосфера Землі або сучасна інфраструктура. На відміну від оцінок, отриманих на основі точного розрахунку або інтеграції датчиків інерційної швидкості, в цій системі помилки курсу були виправлені з плином час.

Калогіру зібрав співвідношення для оцінки кута падіння для різних режимів відстеження. Шляхом застосування радіаційної моделі в умовах рівнодення були отримані 100, 73,8 і 89,1% для повного стеження за полярністю E-W, горизонтальної N-S і горизонтальної E-W, відповідно. Було згадано, що відсотки будуть 91,7, 74 і 97,7 для літнього сонцестояння і 91,7, 86,2 і 60,9 для зимового сонцестояння відповідно для деяких трекерів.

Grena оцінила новий алгоритм для визначення положення Сонця з максимальною помилкою 0,00278 за період 2003-2023 рр. Вхідними даними були цивільне час за Гринвічем, дата, різниця між цивільним UTC і земним часом, довгота і широта, тиск і температура. Вихідні дані з алгоритму були: пряме сходження, схилення, часовий кут, зенітний і азимутальний кути. Був зроблений висновок, що з урахуванням як квадратичної помилки, так і максимальної помилки пропонується алгоритм зменшує помилку на сонячному векторі на 60-75% в порівнянні з аналогічними алгоритмами [34]. Comsit et al. розробив синтезний зв'язок, заснований на методі систем з декількома тілами для двовісного відстеження сонця в системах перетворення сонячної енергії. Вони визначили всі можливі графіки на основі просторовості Багаточасткові системи, типу геометричних обмежень (простих і / або складових), кількості тіл і рухливості Багаточасткові системи. Щоб бути більш надійними, вони рекомендували роз'єднані руху для цих систем стеження [35]. Сплітто і співавт. оцінив автоматизований алгоритм для задач сонячного стеження. Цей алгоритм заснований на різниці між сумарним широкосмуговим короткохвильовим випромінюванням в низхідному півкулі і обчисленим шляхом складання компонента розсіяного випромінювання з компонентом прямого нормального випромінювання, помноженим на косинус зенітного кута. Вони прийшли до висновку, що коли різниця між цими двома стає 40 Вт / м², виникає помилка. Коли сумарне випромінювання нижче 600 Вт / м², алгоритм не зміг виявити проблема з трекером [15].

Stern et al. спроектував, виготовив, випробував і продемонстрував модульну і повністю інтегровану одноосьовим сонячну батарею для стеження

за потужністю 15 кВт змінного струму. У трекері використовувався потенціометр і вбудований маятник для подачі позитивного сигналу зворотного зв'язку на двигун трекера і привід. Був зроблений висновок, що одновісне відстеження сонячної енергії забезпечує на 20% більше енергії в типовому році, ніж у фотоелектричній системі з фіксованою віссю. Також було встановлено, що чисте зниження загальної вартості фотоелектричної системи, підключеної до одноосної сонячної системи стеження, склало 23,3% [37].

Знайду і співавт. розробив три алгоритми для відстеження параболічного жолоби сонячного колектора. У першому методі вони використовували дискретне кількість імпульсів для позиціонування западини. Обертається датчик, який використовується в цьому проекті для забезпечення зворотного зв'язку за абсолютним кутовому положенню западини, мав 0,1448 на імпульс. У другому методі жолоб розташований по осі N-S, щоб відстежувати сонце в напрямку E-W. Для позиціонування сонця в математичному програмному забезпеченні ПЛК використовувався математичний алгоритм, а також довгота і широта в залежності від географічного положення западини. У третій системі використовувався контролер нечіткої логіки, заснований на інтелектуальному алгоритмі управління. Температура рідини, швидкість вітру і положення корита були входами, де трапецієвидна форма і швидкість руху були виходами. Співвідношення між входами і виходами визначалося за допомогою правила IF - THEN. Не було представлено звітів для порівняння або оцінки ефективності [16].

Столфій і співавт. спроектував і сконструював робочий прототип двухосного сонячного стежить і концентрує пристрої для масиву геліостатів. Для приведення в рух необхідного руху апарату використовувалися два крокових двигуна. Для забезпечення горизонтального руху пристрій переміщається на поворотному столі, керованому парою черв'ячних передач. Відбиває панель нахиляється вгору і вниз за допомогою простого пружинного шарніра. У цій системі провідний блок використовується для позиціонування підлеглих. Це досягається як моніторингом вихідного сигналу масиву PV, так і

використанням автоматично згенерованої бази даних попередніх свідомо справних положень раба з відповідними відбитими значеннями освітленості, положення сонця і / або часу доби. Випробування показали, що відстеження збільшує вихідну потужність за рахунок збільшення вихідного струму. Ці тести також показали, що відбивачі створювали однорідні, концентровані світлові області, які підходять для фокусування на фотоелементах [10].

Аппельбаум і співавт. в технічному меморандумі НАСА оцінювали сонячне випромінювання на Марсі для горизонтальних і різних фотоелектричних масивів. Вони прийшли до висновку, що для річної експлуатації середній приріст інсоляції приблизно на 7% більше на широті = 23,38N і 21% на широті = 47,48N для двовісний поверхні стеження в порівнянні з горизонтальною поверхнею. У темні дні відмінність в інсоляції для різних мод було невеликим, що вказувало на відсутність значної переваги двовісний відстеження. Однак для ясного неба посилення для осі NS, полярне стеження EW склало 15,9%, для вертикальної осі азимутальное стеження склало 13,1%, для горизонтальній осі NS, стеження EW, постійна швидкість стеження за обертанням склало 13,0%, а для горизонтальній осі EW, стеження NS, максимальна яскравість променя становила 8,3% в порівнянні з горизонтальною поверхнею на широті = 23,38N.

Нафех оцінив оптимальний кут нахилу фотоелектричних масивів, використовуючи метод максимальної глобальної інсоляції. Теоретично вони розрахували глобальну інсоляцію в сонячний полудень, падаючу на похилу фотоелектричні грати з заданим кутом нахилу, і змоделивали випадок за допомогою MATLAB-SIMULINK для розрахунку оптимального кута нахилу для кожного дня, місяця або року. Були наведені криві порівняння для щодня скоригованого кута нахилу і інсоляції між пропонованої технікою і звичайною технікою. Вони прийшли до висновку, що якщо кут нахилу щодня або щомісяця коригувати до його оптимального значення, то глобальна інсоляція, зібрана в сонячний полудень з використанням запропонованого методу, буде більше, ніж сонячна інсоляція, отримана за допомогою звичайної техніки,

протягом усіх днів року. Було встановлено, що для отримання максимальної сонячної інсоляції з використанням як широти ділянки, так і відміни Сонця необхідно орієнтувати фотоелектричні матриці.

Драго оцінив порівняння приросту енергії між чотирма плоскими колекторами, два з яких були закріплені, один з однією кришкою і інший, з двома кришками і двома подібними колекторами з повним відстеженням. Результат показав, що взимку сумарний приріст енергії для випадків спостереження становив понад 100% і 47% від приросту одинарного і подвійного режимів відповідно. Ефективність одиночного покриття становила 5,7% і 10,1% відповідно для фіксованих випадків і випадків відстеження, а ефективність подвійного покриття становила 17,4% і 21,8% відповідно для фіксованих випадків і випадків відстеження.

Gay et al. Також були обговорені порівнювані щоденні і річні показники енергоспоживання для великомасштабних стаціонарних і двовісний відстежують фотоелектричних генеруючих систем та чутливості майданчика. Для досліджуваної ділянки було відмічено, що система з фіксованою ґратами буде використовувати приблизно на 40% більше модулів, ніж двовісна система стеження, для рівного річного збору енергії [16].

3 ВИБІР МЕТОДУ ВІДСЛІДКУВАННЯ ПОЛОЖЕННЯ СОНЦЯ

Наявність сонячного трекера не є суттєвим для роботи сонячної панелі, але без нього продуктивність знижується. Хоча сонячні трекери можуть збільшити приріст енергії фотоелектричних масивів, при їх установці необхідно враховувати деякі проблеми, такі як вартість, надійність, енергоспоживання, технічне обслуговування і продуктивність.

Всі системи стеження мають всі / деякі з наступних характеристик [44]:

- Структура одного стовпчика або паралельного типу консолі.
- Один або два рухомих двигуна.
- світлочутливих пристрій.

- Автономне або допоміжне енергопостачання.
- Освітлення слід або рухається відповідно до календаря.
- Постійне або покрокове рух.
- Відстеження круглий рік або весь рік, крім зими.
- Регулювання орієнтації с / без регулювання кута нахилу.

Кілька методів проходження за сонцем були обстежені і оцінені, щоб тримати сонячні панелі, сонячні концентратори, телескопи або інші сонячні системи перпендикулярно сонячному променю. Ідеальний трекер дозволив би фотоелементу точно вказувати на сонці, компенсуючи як зміни кута висоти сонця (протягом дня), так і широтне зміщення сонця (під час сезонних змін) і зміни кута азимута. Системи відстеження сонця зазвичай поділяються на дві категорії: пасивні (механічні) і активні (електричні) трекери.

3.1. Пасивні трекери

Пасивні сонячні трекери засновані на тепловому розширенні речовини (зазвичай фреону) або на сплавах з пам'яттю форми. Зазвичай цей тип трекера складається з пари приводів, що працюють один проти одного, які при однаковому освітленні збалансовані. При диференціальному освітленні виконавчих механізмів, неврівноважені сили використовуються для орієнтації пристрою в такому напрямку, де відновлюється рівне освітлення виконавчих механізмів і баланс сил. Пасивні сонячні трекери в порівнянні з активними трекера менш складні, але працюють з низькою ефективністю і при низьких температурах перестають працювати. Випробування показали, що пасивні трекери з точки зору продуктивності можна порівняти з електричними системами. Хоча пасивні трекери часто менш дорогі, вони ще не набули широкого поширення серед споживачів [17].

Кліффорд і співавт. Представлений новий пасивний сонячний трекер по моделі комп'ютера. Вони відзначили, що, хоча деформації, викликані зростаючими металами, були невеликими, відповідні сили були великими. Їх

пасивна сонячна система відстеження включає в себе дві біметалічні смуги з алюмінію і сталі, розташовані на дерев'яній рамі, симетрично по обидві сторони від центральної горизонтальної осі. Біметалічні смуги заштриховані так, що смуга, віддалена від сонця, поглинає сонячне випромінювання, в той час як інша смуга залишається заштрихованою аналогічно конструкції, показаної на рис. 5 [45]. Щоб запобігти коливанням або занадто млявий відгук, до сонцезахисного трекера підключена система демпфірування.

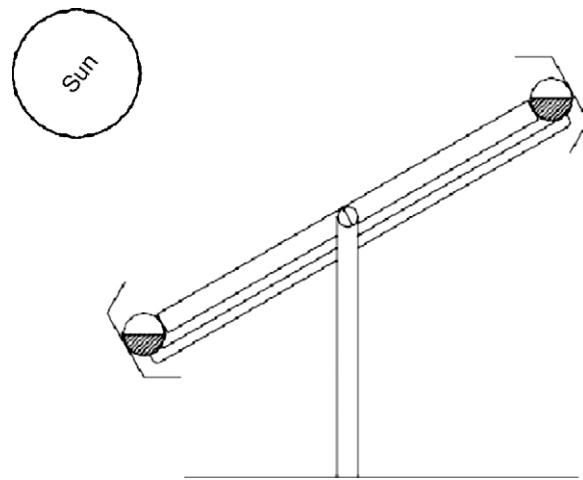


Рисунок 5. Пасивний сонячний трекер, що використовує дві ідентичні циліндричні трубки, вставлені за допомогою парціального тиску.

Вони порівняли комп'ютерну модель і результати експериментів за деформаціями біметалічною смуги через вплив теплового випромінювання (в мм) і часу, необхідного сонячного трекера для переорієнтації з W-E (в с). Комп'ютерна модель і експериментальні дані показали результати, дуже схожі один на одного. Розроблений сонячний трекер мав потенціал для підвищення ефективності сонячних панелей до 23%. Нарешті, вони порекомендували механізм нічного повернення, вручну нахилену вісь і двовісну систему для подальшого розвитку.

Mwithiga et al. спроектував і сконструював сушилку з обмеженою здатністю стежити за сонцем, що працює вручну. Сушарка складалася з калібру 20 з м'якої сталі f1 на пластині абсорбера, сформованої в коробку без верху. Сушильний блок був прикріплений болтами до валу, який, в свою чергу, був

встановлений на підставці так, щоб він був спрямований в напрямку E-W. Селекторний диск на підставці дозволяв легко регулювати кут нахилу, який сушильний агрегат зробив з горизонтальним, з кроком не менше

158. Таким чином, колекторна пластина може періодично налаштовуватися для відстеження сонця протягом дня. Були створені чотири налаштування сушарки для відстеження сонця. Сушарка була встановлена під кутом 60° до горизонталі, зверненої на схід, в 8.00. Вони відрегулювали кут нахилу сушарки, виготовленої по горизонталі, один, три, п'ять або дев'ять разів в день при завантаженні кавових зерен або при відсутності навантаження. , Результати показали, що сонячна сушарка може бути використана для успішної сушки зерна. Сушка кавових зерен може бути зменшена до 2-3 днів, на відміну від сушки на сонці без системи стеження, яка займає 5-7 днів, а температура всередині камери може досягати 70,4 ° C [14].

Poulek розробив і протестував одноосний пасивний сонячний трекер на основі приводів зі сплаву з пам'яттю форми. Привід може легко деформуватися навіть при температурі нижче 70 ° C і працює як тепловий двигун. Він повертається до своєї первісної форми при нагріванні вище температури перетворення. Був зроблений висновок, що ефективність цих приводів становить майже 2% і приблизно на два порядки вище, ніж у біметалевих приводів.

3.2 Активні трекери

Основні активні трекери можуть бути класифіковані як мікропроцесорні і електрооптичні датчики, керовані ПК, засновані на даті і часі, допоміжні біфасціальні сонячні елементи і комбінація цих трьох систем. Електрооптичні сонячні трекери зазвичай складаються, принаймні, з однієї пари паралельно підключених фоторезисторів або фотоелектричних фотоелементів, які при однаковій інтенсивності освітлення обох елементів електрично збалансовані так, що відсутній або незначний сигнал управління на провідний мотор. У

допоміжному біфасіальному сонячному елементі біфасіальний сонячний елемент сприймає і направляє систему в потрібне положення, і на основі дати і часу, контрольованих ПК, ПК обчислює положення сонця щодо дати і часу за допомогою алгоритмів і створює сигнали для управління системою [17].

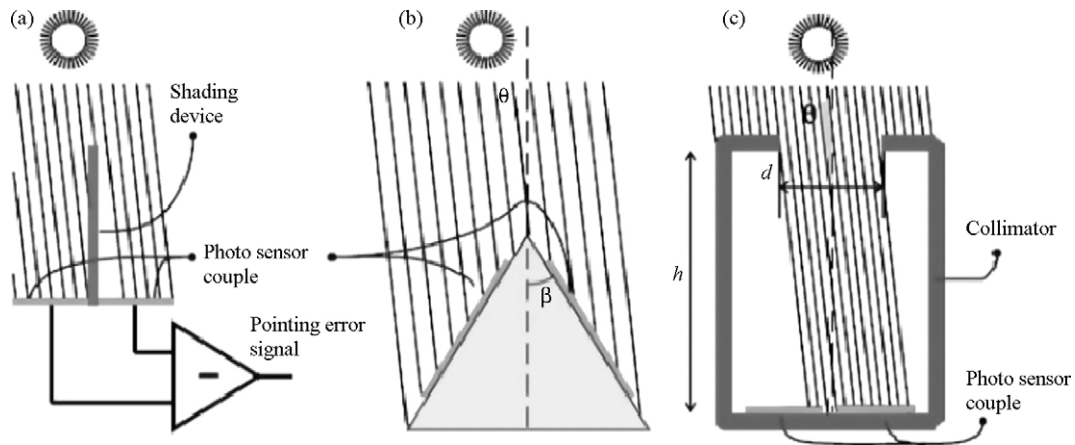


Рисунок 6. Принцип балансу затіню: а) датчики, що вказують на сонце; б) нахилене кріплення фотодатчиків; с) точне сонячне вказування за допомогою коліматора [48].

3.2.1 Сонячна батарея на основі мікропроцесора та електрооптичного датчика

У цьому типі при диференціальному освітленні електрооптичних датчиків виникає диференційний керуючий сигнал (рис. 6а), який використовується для приведення в дію двигуна та орієнтації пристрою в такому напрямку, де освітлення електрооптичних датчиків стає рівним і збалансованим. Крім того, фотодіоди можуть бути встановлені на похилих площинах для підвищення чутливості фотоструму (Рис. 6б), і, дуже часто в цілях концентратора РV, затінюють пристрій представлено у вигляді колімуючих трубки, яка запобігає потраплянню дифузного випромінювання в датчик і маскуванню точного вимірювання положення вирівнювання сонця (рис. 6в) [48].

Такі трекари, з високою точністю, призначені в основному для концентраторів сонячних систем. Ці трекари складні і, отже, дорогі і ненадійні.

Абдалла і ін. Спроектував і сконструював двовісну систему PLC з керуванням від сонця з відкритим контуром. Принцип їх роботи заснований на математичному визначенні положення поверхні, яке визначається двома кутами: ухилом поверхні і азимутним кутом. Нахил вважався рівним zenітному куті сонця. Використовувалися два двигуна стеження: один для шарніра, що обертається навколо горизонтальної осі N-S, а інший для шарніра, що обертається навколо вертикальної осі. Денне світло розділений на чотири інтервалу, і під час кожного з них сонячна енергія і швидкість двигуна визначалися і програмувались в ПЛК. Вони передбачили, що енергоспоживання для приводу двигунів

і системи управління ледь перевищують 3% енергії, зекономленої системою стеження. На рис. 7 показано порівняння енергії між трекером та фіксованою поверхнею, нахиленою під кутом 32.8. Вони прийшли до висновку, що використання двовісний поверхонь трекінгу призводить до збільшення загального добового збору приблизно на 41,34% в порівнянні з фіксованою поверхнею [18].

Румянцев та ін. Спроектував і побудував замкнуту систему стеження за сонцем для сонячних установок потужністю 1 кВт. Їх конструкція сонцезахисного трекера була заснована на конструюванні найдешевших конструкційних матеріалів, таких як гнуті перфоровані канали та вигини, виготовлені з оцинкованої сталі. Механізм відстеження був повністю автоматичним, керованим аналоговим датчиком сонця. Трекер складався з двох основних рухомих частин: базової платформи, що рухається навколо вертикальної осі, і підвісний платформи з фотоелектричними модулями, що рухаються навколо горизонтальній осі. Базова платформа була оснащена трьома колесами, одне з яких було пов'язане з азимутним приводом. Підвісна платформа була раму, в якій модулі концентратора були встановлені у вигляді трьох ступенів сходів. Положення підвісний рами може варіюватися в діапазоні T458 симетрично відносно горизонтальної площини, забезпечуючи вирівнювання модулів по висоті. Базова платформа рухалася одним з коліс, що

рухаються по колу великого радіусу. Якщо двигуни (постійний струм 12 В) включалися безперервно, швидкість обертання платформ становила близько 1 обороту в годину, тобто набагато швидше, ніж це було необхідно для нормального спостереження. Безперервне обертання двигунів здійснювалося для повернення трекерів з положення «захід» в положення «схід» і для швидкого «пошуку» сонця після похмурих періодів. При нормальному стеженні двигуни включалися періодично, через кожні 8-10 з [18].

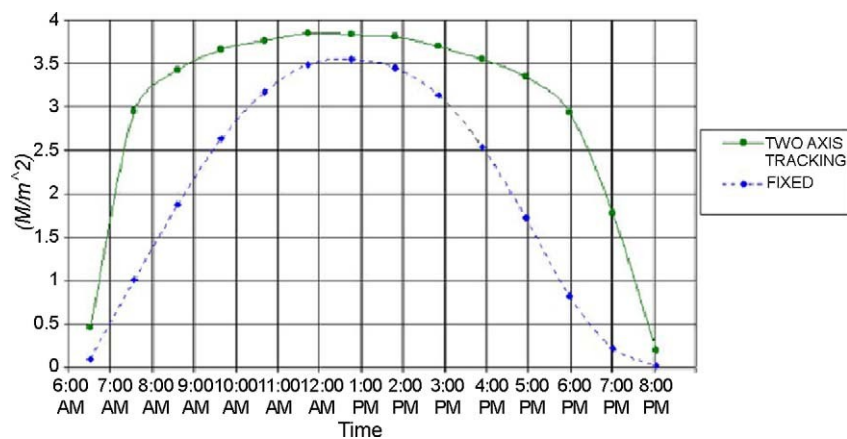


Рисунок 7. Енергетичне порівняння відстеження та фіксованої сонячної системи.

Konar et al. розробив одновісне мікропроцесорний пристрій для відстеження сонця для використання в фотоелектричних системах на пластинчастих сонячних панелях або з параболічними відбивачами. Він був оптимально нахилений навколо однієї осі і контролює кут азимута з іншого вісью. Вони згадали, що цей пристрій стеження значно економить зібрану потужність і не залежить від умов на місці, таких як географічні місцеположення і тимчасові зміни.

Аль-Мохамад розробив одноосьовим систему стеження за сонцем, засновану на модулі програмованого логічного управління (ПЛК), для дослідження поліпшення щоденної вихідної потужності фотоелектричного модуля. Два фоторезистивної датчика були розділені бар'єром, щоб забезпечити тінь для одного з них. У міру збільшення інтенсивності сонячного випромінювання питомий опір датчика зменшується. Два вихідних сигнали

пристрої підключаються безпосередньо до аналогових входів ПЛК і порівнюються для отримання правильного вихідного сигналу для активації електромеханічної системи відстеження сонця. Трекер сканує під кутом близько 1208 с.д. Для ПЛК була розроблена відповідна програма для контролю, моніторингу та збору даних з використанням спеціального програмного забезпечення. За допомогою Visual Basic 5 була розроблена спеціальна комп'ютерна програма для автоматичного виявлення і зв'язку з ПК по RS232. Продуктивність сонячного трекера оцінювалася і контролювалася. Вихідна потужність значно збільшилася в ранні та пізні години дня. Фактично загальне поліпшення в режимі відстеження перевищило 40% за період з 6:00 до 10:00 і за період з 15:00 до 17:00. Однак поліпшення склало близько 2-4% протягом дня. Середнє загальне поліпшення протягом дня було краще, ніж 20% в порівнянні з фіксованим модулем.

Абу-Хадер і співавт. спроектував і сконструював PLC-контрольований сонячна система стеження. Електромеханічна система складалася з двох збудників: перший для шарніра, що обертається навколо вертикальної осі, і другий для трекінгу N - S або E - W. Два моста розподілили 220 В змінного струму мережі живлення в 24 В постійного струму для живлення PLC і в 24 В змінного струму для харчування одного з електродвигунів. Напруга другого двигуна становила 36 В постійного струму з черв'ячною передачею, в той час як для іншого двигуна використовувалася прямозубая шестерня. Передбачувана споживана потужність електродвигуна і системи управління становила менше 3% від зібраної енергії системою стеження. Програмування ПЛК ґрунтувалося на аналізі сонячних кутів, розділеному на чотири інтервали з відповідними швидкостями двигуна. Вимірювання в фотоелектричній системі з відстеженням сонця і без нього показали, що загальне збільшення вихідної потужності системи стеження за N-S склало близько 30-45% в порівнянні з фіксованою фотоелектричній системою. Оптимальною віссю PV-трекінгу була N - S, яка відповідала максимально можливої потужності.

Bingol et al. Запропонував, впровадив і протестував двовісну систему сонячного стеження на основі мікроконтролера. Вони використовували світлозалежна резистори в якості датчиків, крокові двигуни в якості виконавчих механізмів і мікроконтролер. Крім того, система була підключена до ПК через RS232 для контролю положення сонця. Кристал з частотою 4 МГц використовувався в якості генератора тактового сигналу для мікроконтролера. Ступінь панелі від вертикальної осі була встановлена на 50°. Експериментальне дослідження для двох панелей сонячних колекторів, одна стаціонарна, а інша обертається була використана в тесті. Температуру панелей в залежності від часу вимірювали з хвилинним інтервалом і збирали 50 даних. Кут інтервалів був майже 5,28°. Спостерігалось відмінність в 9 °C між поворотною і стаціонарною панелями. Цей результат підтвердив, що обертається панель, яка містить сонячну систему стеження, мала велику щільність світла, ніж стаціонарна панель [55].

Коюнку і співавт. Оцінка двовісний мікропроцесорної системи відстеження сонця. Два кінцевих вимикача для визначення максимальних кутових положень на сході і заході і обмеження переміщення панелі були пов'язані з мікропроцесором. Результати їх випробувань показали, що до тих пір, поки площину панелі підтримувалася перпендикулярно сонця, була отримана максимальна збирається енергія.

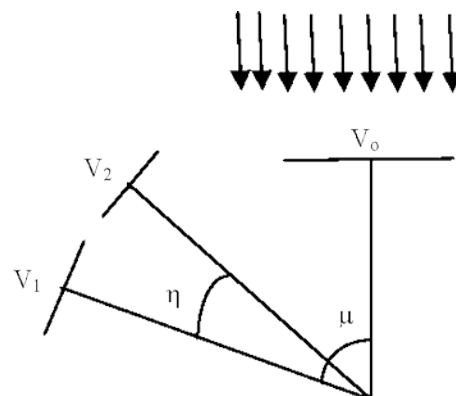


Рисунок 8. Принцип Петерсона та ін. сонячна система відстеження

Петерсон і співавт. спроектував і збудував сонячний трекер на основі мікроконтролера, який мав два біполярних крокових двигуна для підтримки

необхідного крутного моменту і забезпечення 200 кроків на оборот для обертання двох фотоелектричних панелей навколо висоти і азимутальної осі. Вони оцінили три алгоритму стеження за сонцем. Перший алгоритм змушує фотоелектричні панель рухатися по колу в сферичних координатах з довільним радіусом, обраним користувачем, щоб знайти точку на колі для оптимального напруги. Другий алгоритм керує фотоелектричної панеллю у вигляді квадрата, щоб знайти градієнт напруги, і використовує його, щоб вирішити, куди рухатися. Третій алгоритм використовує другу стратегію, щоб знайти п'ять точок на відстані 1 ч один від одного, а потім за допомогою різноманітної нелінійної координати найменших квадратів визначаються широта, день року, час дня. Потім прогнозується наступний рух Сонця. Два напруги (від двох PV), V_1 і V_2 , які є кутом h один від одного і V_0 і V_1 , які є кутом m один від одного. V_0 - це напруга, яке б отримав PV, якби він був перпендикулярний джерела світла (рис. 8).

Алгоритм був створений і запрограмований в мікроконтролері і був пов'язаний з електричної платою. Найкраще дозвіл, яке вони могли реально отримати, становило близько 68. Вони прийшли до висновку, що якщо PV становить 1 градус від перпендикуляра, виходить 99,98% максимально можливої напруги, а якщо воно становить 108 від перпендикуляра; 98,5% від максимального значення

Компанія Girasolar розробила і сконструювала програмований сонцезахисний трекер, який може відстежувати сонце по двох осях: азимутальної і зенітної. Площа його поверхні становила 58 м² при масі 2100 кг, здатної обертатися з азимутальної (нишпорення) швидкістю 0,5 об / хв і азимутальної швидкістю (крок) 0,06 об / хв. Максимальний кут відхилення становив 28 від положення сонця. Його конструкція розрахована на швидкість вітру до 105 км / ч. Повідомлялося, що його зростання виробництва до 35% перевищує фіксовані установки.

Контрерас і співавт. в Техаському університеті сконструювали портативний сонячний трекер з використанням трьох пов'язаних

мікроконтролерів, керованих роботизованою рукою. Його основними компонентами були мікроконтролер PIC, H-мости, двигуни постійного струму, нестандартні деталі з ПВХ, ІК-датчик, фоторезистор і розетки постійного струму. Перший двигун постійного струму був 10 А, 12 В, з передавальним відношенням 500: 1, другий двигун був 75 мА, 24 В, з передавальним відношенням 3000: 1, і третій двигун з 220 мА (під навантаженням), 12 В і Передаточне число 1000: 1. Вони запрограмували три мікроконтролера, використовуючи мову програмування PIC Basic PRO. Був зроблений висновок, що ефективність збільшилася на 30% [19].

Абдалла і ін. Спроектував і сконструював чотири електромеханічні системи сонячного стеження з відкритим контуром: двовісний, одноосний вертикальний, одноосний E-W і одноосний N-S трекер, щоб оцінити характеристики вольт-ампер і порівняти з це фіксованого з 328 нахилом на південь. Необхідна позиція була розрахована заздалегідь і запрограмована в ПЛК. ПЛК управляє виконавчим механізмом для регулювання панелі, щоб підтримувати стан перпендикулярно сонця. Вони стверджували, що споживана потужність системою управління становила менше 2% від зібраної енергії системою стеження. Після побудови декількох характеристичних кривих напруги-струму і вироблення електроенергії для різних сонячних трекерів, вони прийшли до висновку, що було збільшення до 43,87, 37,53, 34,43 і 15,69% приросту електроенергії, відповідно, для двухосной, EW , вертикальної і Відстеження N - S в порівнянні з фіксованим.

Rosell et al. спроектував і побудував фотоелектричні / термічну низькоконцентрованого систему і підтвердив розроблену аналітичну модель. Для максимального збору енергії була сконструйована двовісний система відстеження сонця з двома лінійними виконавчими механізмами постійного струму і герконами. В їхній системі дзеркала відбивають світло на фокусну смугу, а сонячні елементи висвітлюються приблизно в 11,1 рази більше, ніж падаючий промінь сонячного випромінювання. Щоб отримати більшу точність

і розрахувати положення сонця, була розроблена і побудована система ПЛК. Вони вказали збільшення енергії на 50% в порівнянні з оптимальним нахилом статична поверхню [17].

Lakeou et al. спроектував і сконструював двовісну систему відстеження сонця, яка стежить за сонцем в азимутному і сонячному напрямках на основі програмованого логічного пристрою (84-контактний Xilinx XC95108). Через структуру Н-моста контролер з'єднаний з двигунами постійного струму. Спочатку, як тільки місце розташування вибрано, визначається діапазон кута азимута і обчислюються кутові кроки. Загальна кількість кроків нахилу склало 12. Для моніторингу вироблення електроенергії вони також підключили цей пристрій стеження до ПК за допомогою коду, написаного на мовах асемблера або C ++. Вони прийшли до висновку, що пропонуваній сонцезахисний трекер був економічно ефективним і гнучким [17].

Гамільтон в своїй дисертації спроектував і сконструював пристрій для відстеження сонця на основі мікроконтролера, яке використовувало два двигуна для нахилу масиву в двох площинах руху. Алгоритм був розроблений, щоб зчитувати і посилювати значення датчика, а потім порівнювати дані в цифровому вигляді, щоб визначити точне положення Сонця, щоб активувати позиційні однополярні крокові двигуни. Датчик був чотиристоронню піраміду в структурі з сонячними елементами, встановленими на кожній стороні. Мікроконтролер був запрограмований на мові Сі. Пристрій було випробувано як в поле, так і в лабораторії з використанням портативного джерела світла, який був встановлений в 16 положеннях всередині сферичної області. Результати показали, що система відстеження сонця збирала максимум енергії протягом дня, в той час як стаціонарна система збирала максимум енергії саме тоді, коли сонце розташовувалося над головою [64]. Zeroual et al. спроектував і сконструював замкнутий мікропроцесор для відстеження сонця з електрооптичними датчиками для управління сонячною системою нагріву води. Багато параметри, такі як швидкість вітру, тиск і температура навколишнього середовища, також контролювалися.

Довгострокові випробування в змінних умовах підтвердили точність системи [15].

Джінал і ін. Спроектував високоефективні сонячні елементи, які відстежують споживання низької потужності, для системи освітлення на основі білого світлодіода. Їх оцінений одноосний трекер використовував кроковий двигун з мікро контролером РІС. Фоторезистор був поміщений в темну коробку з невеликим отвором зверху. З максимальним виявленням освітлення це працювало командою РІС. Якщо фоторезистор не може виявити сонячного світла, нульове стан активує систему до тих пір, поки не буде виявлено реальний стан. Були побудовані криві сонячної енергії, а також криві енергії нерухомою і відстежує панелей, і був зроблений висновок, що, хоча режим відстеження був ефективний на 100%, фактичний струм заряду був дещо нижчим, оскільки деяка потужність губилася через температуру сонячного елемента. Нарешті, вони рекомендували не використовувати систему стеження для невеликих сонячних батарей через високі втрат енергії в шаговому двигуні [15].

Компанія Nat розробила, сконструювала і протестувала двухосевое пристрій для відстеження сонця на основі мікроконтролера. Рух фотоелектричного модуля здійснювалося за допомогою лінійного приводу 12 В, повний хід якого становив 20 см. Потенціометр з діапазоном напруги 0-5 В використовувався для вимірювання кута для повного обороту (3658) ємності. Управління трекером здійснювалося через датчик освітленості і мікроконтролер. Реле постійного струму використовувалося для відключення навантаження від сонячного модуля під час зчитування напруги холостого ходу аналого-цифровим перетворювачем на мікроконтролері. Остаточні результати показали збільшення ефективності на 27% в порівнянні з фіксованою панеллю.

Хуан і співавт. спроектував і оцінив одноосний механізм відстеження для регулювання положення PV тільки під трьома фіксованими кутами (відстеження трьох положень): вранці, полуднем і вдень. Механізм включає в себе однополюсну опору, регульовану нахилом платформу, фотоелектричні

раму, що приводиться в рух двигуном, і сонячний датчик положення. Датчик положення сонця складається з двох фоточутливих елементів, розділених вертикальною тонуючою пластиною. Три сенсорних перемикача були встановлені на передавальному механізмі рами для сигналізації ланцюга управління. Рамка PV зупиняється при дотику до наступного перемикача після його спрацювання. Призначене місце розташування перемикача, таким чином, визначає кут зупинки. Багато аналітичні дослідження показують, що максимальне сонячне падаюче випромінювання може бути отримано, якщо кут нахилу поверхні приблизно дорівнює широті. Для кожного кута зупинки вони розрахували загальну річну енергію при різних кутах перемикача датчика і знайшли максимальну загальну річну енергію. Результати показали, що оптимальний кут зупинки становив 508, а оптимальний кут перемикача становив 258, що становило половину кута зупинки. Повторюючи розрахунок для різних кутів нахилу сонячного полудня на різних широтах, був зроблений висновок, що оптимальний кут зупинки становив близько 508 незалежно від широти, а оптимальний кут перемикача становив половину кута зупинки. З результатів розрахунку річної сумарної енергії можна показати, що вироблення електроенергії фотоелектричними приладами збільшиться на 24,5% в порівнянні з продуктивністю стаціонарного фотоелектричного модуля.

Kalogirou спроектував і побудував одноосьовим систему стеження за сонцем система, що складається з системи управління з трьома світлочутливими резисторного датчиками і двигуном постійного струму. Один датчик відповідав за пряме виявлення променя; другим був датчик хмарності, а третім - датчик денного світла. Система управління складалася з реле, таймера, безлічі резисторів і електронних компонентів. Коли будь-якої з трьох датчиків був затінений, двигун був включений. Система стежила за сонцем в напрямку E-W, і кінцева швидкість обертання колектора становила 0,011 об / хв. Різні випробування сонячного колектора показали, що механізм відстеження був дуже точним. Точність для освітлення 100 Вт / м² становила 0,28, а для освітлення 600 Вт / м² - до 0,058 [14].

Халіфа і співавт. досліджували поліпшення продуктивності двухосного параболічного концентратора для відстеження сонця. Система складалася з фототранзисторів, відокремлених перегородкою один від одного. Коли два датчика нерівні, підсилювач різниці напруг активує двигун постійного струму. Система відстежує сонце кожні три-чотири хвилини в горизонтальній площині і кожні чотири-п'ять хвилин у вертикальній площині (в залежності від висоти перегородки). Потужність системи стеження склала 0,5 Втч. Щоб дослідити вплив двухосного відстеження на продуктивність колектора, було проведено ряд випробувань. Під час цих випробувань фіксований колектор був орієнтований на південь під кутом нахилу

338. Був зроблений висновок, що двовісна система стеження може збільшити виграш в енергії складеного колектора параболічного концентратора до 75%.

Лінч і співавт. розроблений недорогий двовісний електронний трекер з електронним управлінням. В системі використовуються два електрооптичних датчика; одна з них - чотирьохелементна піраміда, встановлена на площині трекера, а інша - для виявлення сонячного світла. Як приводного механізму використовувався редукторний двигун постійного струму з високим крутним моментом. Вони вказали, що трекер може працювати з дозволом 0,18, що може мінімізувати здивування в частково похмурі дні [14].

Aiuchi et al. розробив геліостат з керованим фотодатчиком із замкнутим контуром з використанням екваторіального кріплення. Крім того, два датчика використовувалися один для хмарного покриву і інший для виявлення дня або ночі. Датчики складаються з двох паралельних фотоелементів, які генерують струм, який пропорційний освітлюваній області. Якщо сонячне випромінювання стає менше 180 Вт / м², режим роботи геліостат переходить в хмарний режим, і рама обертається з постійною швидкістю 158 / год. Геліостат розташовувався в напрямку S-N на широті 358. Відбите сонячними променями сонячне випромінювання фокусувалася на екрані мішені, розташованому в 70 м на південній стороні геліостат. Їх експерименти і моделювання показали, що в

ясну погоду кутова похибка відслідковується сенсором геліостат була оцінена в 0,002 радий. Нарешті, був зроблений висновок, що сенсорна система для відстеження може бути більш придатною для невеликої сонячної системи через зниження ефективності в похмурі дні.

Іоффе Інститут PV Lab., Розробив трекер із замкнутим контуром потужністю 1 кВт, в якому кут повороту може варіюватися в діапазоні T708 відносно горизонтальної і вертикальної площин. Безперервне обертання моторів, поворот конструкції від сходу до заходу сонця. При нормальній роботі двигуни включаються автоматично кожні 5-8 с. Дві багатоперехідних осередку III - V використовуються як світлочутливі елементи в бічних стінках і задніх стінках спеціального елемента, а саме основного датчика і додаткового датчика. Фотострум від цих осередків надходить на транзистор і реле для включення двигуна в потрібному напрямку [16].

Гальяно і співавт. спроектував і змодельовав двовісну систему стеження за сонцем на основі фоторезисторного датчика і досліджував вплив посилення енергії між нерухомою фотоелектричної панеллю і гусеничної. Чутливе пристрій складався з дев'яти світлозалежних резисторів (LDR) для обертання і трьох вирівняних LDR для нахилу, розташованих у відповідних пластикових опорах. Був зроблений висновок, що основною перевагою запропонованої системи стеження є низька вартість сенсорного пристрою, отримана в результаті процедури розробки в реальному часі даних сенсорів.

Zogbi et al. спроектував і побудував недорогу двовісну (вертикальну і азимутальний) систему відстеження сонця за допомогою класичних електронних блоків. Чотири електрооптичних датчика були розміщені в кожному квадраті, утвореному двома прямокутними площинами, що перетинають один одного по лінії. Блок управління трекингом складається з підсилювача та інших електронних компонентів, що дозволяють порівнювати сигнали, що приймаються від кожної пари датчиків і управляти двома двигунами для обертання пристрою. Система мала східну схему повернення і очікування до системної стійці вночі і повернення на схід наступного ранку.

Якщо вихідний сигнал одного з датчиків стає більше порогового значення, відповідний двигун активується підсилювачем до тих пір, поки сигнали помилки не зменшаться до порогового значення. Відповідна тривалість склала 15 с. Був зроблений висновок, що побудований прототип успішно працює при змінній інтенсивності світла. Rumala спроектувала і побудувала автоматичну систему відстеження сонця із замкнутим контуром, засновану на тіньовому методі. Фоторезистивної датчики були розміщені на платформі під парою полуцилиндрів, встановлених впритул один до одного в напрямку E-W і N-S. Жорстка платформа мала два шарнірних гусеничних важеля для підйому і бічного відстеження, які наводилися в рух кулачковими двигунами. Схема формування сигналу попереднього підсилювача разом з фільтром нижніх частот живлять підсилювач для переміщення серводвигателя і для корекції різниці в виявленому сонячному випромінюванні. Тінь залишається в положенні заходу до автоматичного запуску вранці

на наступний день [15].

Urbano et al. оцінюваний 5-Вт піковий фотоелектричний модуль для відстеження концентрації сонячної печі в печі з потужністю 2,6 кВт / тиждень / потужністю 200 кг. Система стеження приводилася в рух за допомогою двох двигунів потужністю 36 Вт і 12 В постійного струму, які слідували незалежно один від одного в напрямку висоти і азимута. Електронна схема дає команду двигуну постійного струму обертатися в залежності від оптичних датчиків положення по висоті і азимуту.

Palavras et al. розробив систему концентрації сонячного випромінювання у вигляді тарілки з двовісний механізмом відстеження сонця. Діаметр апертури страви склав 2,85 м, а фокусна відстань - 1,02 м. Механізм відстеження сонця мав електронну схему, яка обробляла сигнали від набору фоторезисторних датчиків і вихідні сигнали на реле для приведення в дію антени з джерелом живлення ланцюга 5 В. Коли датчики не збалансовані, їх опір буде відрізнятися і реле живить 24-вольта силовий привід постійного струму. Вимірювання показали, що середнє значення загального коефіцієнта теплових втрат

становить приблизно 163 Вт / м² К, а в області фокусної точки температура сягнула понад 300 8С.

Компанія Abouzeid створила активну систему стеження за допомогою двох протилежних датчиків положення і чотирьохфазна реактивного крокової двигуна з опором 7,58 на крок з керованою потужністю через чіп програмованої логічної матриці (PLA). Послідовність перемикачів всередині силового перетворювача влаштована так, що кроковий двигун мимовільно відключається. Як тільки сонячне випромінювання відхиляється від перпендикуляра до основної поверхні, два чутливих елемента стають неврівноваженими і посиляють сигнали про помилку в мікросхему, а потім призначається фаза крокової двигуна. Конфігурація схеми програмується з використанням програмного забезпечення XILINX, а потім завантажується в EEPROM. Ця система може працювати з кроком 158 або 7,58 і може працювати автономно без будь-якого нагляду [17].

3.2.2. Допоміжна двобічна сонячна панель в сонячній батареї

Допоміжні сонячні елементи (панелі), підключені безпосередньо до двигуна постійного струму з постійними магнітами, закріплені на поворотній осі трекера і можуть як вимірювати, так і забезпечувати енергію для відстеження.

Poulek et al. описав дуже простий, надійний сонячний трекер для космічного і наземного застосування. Ненадійні і дорогі компоненти, такі як акумулятори та приводная електроніка, були повністю виключені (рис. 9). Працює також при низьких температурах до -40 8С. Площа допоміжної сонячної панелі трекера становить близько 1% від загальної площі переміщуються сонячних батарей. Їх допоміжні біфаціальні сонячні елементи разом з двофазним сонячними батареями дозволяють здійснювати зворотний хід з будь-якої позиції (кут спостереження 3608), в той час як трекери,

засновані на аналогічній технології зі стандартними однофазовий сонячними елементами, мають кут спостереження / зворотного стеження 1208.

Вони прийшли до висновку, що трекер слід за сонцем з відхиленням T58 без якого-небудь зниження зібраної енергії. Система зібрала понад 95% енергії ідеального трекера [15].

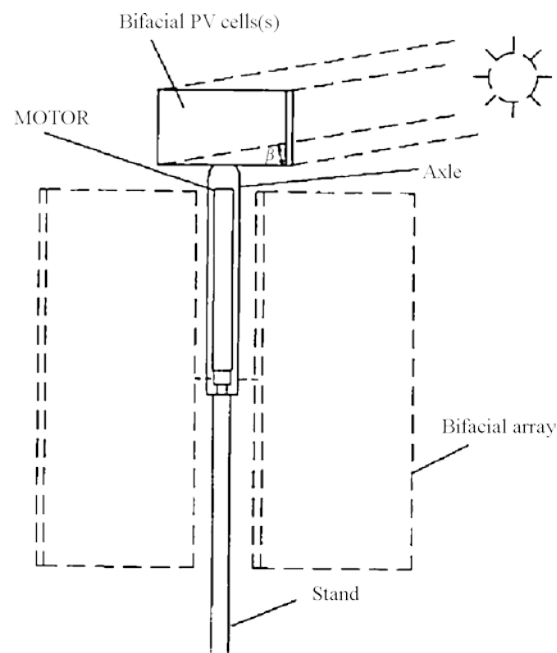


Рис 9. Схема наземного трекера

В іншій роботі вони розробили і сконструювали систему сонячного стеження, засновану на допоміжному бифісольному сонячному елементі, здатному до зворотного відстеження протягом 5 хвилин і середньої точності стеження T58, що встановлюється над V-образним желобовим концентратором з бифісольною сонячною панеллю. Два антипаралельних пристрою сонячних елементів з 1% площі переміщуються сонячних колекторів були підключені безпосередньо до реверсивному двигуну постійного струму з самоблокується коробкою передач. У похмуру погоду, коли сонце почне світити, колектори почнуть рухатися. Їх експериментальний результат показує, що бифісольні фотоелектричні модулі зі зниженою температурної чутливістю можуть підвищити приріст енергії на 15-25% в порівнянні з тим же трекером / концентратором з монофасціальними модулями. Таким чином, сонячний трекер з

полярною віссю з двофазним фотоелектричними модулями C - Si буде поставляти приблизно на 50% більше енергії, ніж у нерухомій однофазній фотоелектричній матриці C - Si з тієї ж номінальною вихідною потужністю. Відстежують біфациальні м'які концентратори навіть подвоюють приріст енергії в порівнянні з фіксованою монофазною фотоелектричною ґратами [5].

Карімов та ін. Побудував одноосьовим фотоелектричній систему з чотирма сонячними модулями, встановленими на роторі; інша його вісь регулювалася вручну для фіксації кута нахилу модулів в 238, 348 і 458. Сонячні модулі були розділені на дві пари, а кут між модулями пари був 1708. Основні модулі використовувалися як для виявлення, так і для вимірювання. Цілі перетворення енергії (рис. 10). Модулі були підключені до мостовій схемі, дуже схожою на міст Уитстона. Якщо вихідна напруга модулів не дорівнює, напруга, що подається на двигун постійного струму, не дорівнює нулю, і в результаті двигун починає обертатися. Їх дослідження показують, що для системи стеження, на відміну від фіксованих модулів, вихідна напруга ввечері і зранку не дуже відрізняється, і режим стеження збирає

На 30% більше енергії.

Poulek et al. спроектував сонячний трекер на основі нового розташування сонячних елементів, підключених безпосередньо до реверсивному двигуну постійного струму. Як і їх попередня робота, сонячні елементи відчують і забезпечують енергію для відстеження. На рис. 11 показаний принцип роботи трекера.

Сприймають / керовані сонячні елементи збалансовані між собою. Диференціальний сигнал використовується для подолання тертя і аеродинамічного опору. Поворотна вісь трекера була орієнтована в напрямку N-S з точністю близько $\pm 10\%$. Площа допоміжної сонячної панелі трекера становить близько 2% площі переміщуються сонячних колекторів, а надлишок збирається енергії - до 40%.

3.2.3. Визначення положення Сонця на основі даних про дату і час

У режимі дати / часу комп'ютер або процесор обчислює положення сонця за формулами або алгоритмам, використовуючи його час / дату і географічну інформацію для відправки сигналів на електромотор.

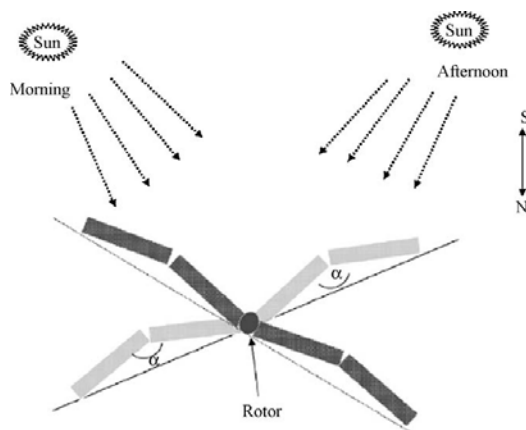


Рисунок 10. Положення ПВ модулів вранці та в другій половині дня

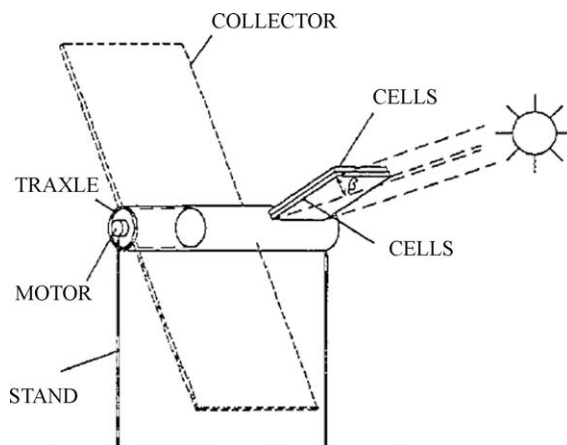


Рисунок 11. Горизонтальна вісь трекер

Проте, в деяких випадках багато датчики використовуються для визначення конкретних положень.

Канада і співавт. спроектував і сконструював сонячний трекер з максимальною позиційної похибкою 28 для вимірювання глобального і прямого спектрального сонячного випромінювання в діапазоні 330-1100 нм. Вони розробили сонцезахисний козирок відповідно до їх конкретними

потребами і за відносно низьку вартість, дозволяючи працювати до 1 тижня без будь-якого нагляду оператора і повертатися щоночі в положення спокою, уникаючи перевертання. Рух всієї системи управляється кроковим двигуном і редуктором, щоб відрегулювати необхідний крок. Система мала 28 свобод, одне обертання в азимутальній площині над нерухомим підставою, а інше обертання в головній сонячній площині. Управління прохідним двигуном здійснюється за допомогою плати управління, спеціально розробленої для цього типу двигуна, включаючи сумісний інтерфейс, який підключається до паралельного порту ПК через оптичні з'єднувачі. Ця конфігурація повинна була дати системі точку відліку для правильного позиціонування. Використовувалися два датчика включення / вимикання, що вказують початкове положення для кожного зі ступенів свободи. Це оптичні прохідні детектори з світлодіода і фотодетектора, що працюють в інфрачервоній зоні. Для відключення датчиків в бажаному положенні використовуються фіксовані алюмінієві контрольні точки для визначення географічного півночі і нульовий сонячної висоти.

Всі коди були написані в C ++ Builder під Windows навколишнє середовище для: (а) забезпечення руху щодо сонця, (б) управління двигуном, (в) регулювання і повернення в початкове положення, і (г) сигналізації і включення / вимикання датчиків. З цих даних, використовуючи віднімає метод, розраховується дифузне випромінювання в горизонтальній площині. Нарешті, використовуючи закон Бугера - Ламберта - Бера, алгоритм розраховує загальну товщину атмосфери і оптичну глибину аерозолу в діапазоні 330-1100 нм.

Едвардс досліджував роботу комп'ютерної системи проходження за сонцем для параболічних колекторів. Комп'ютер системи змінює швидкість кожного приводу колектора через рівні проміжки часу протягом дня. Показано, що для точного проходження за сонцем системі потрібно висновок даних з центрального контролера всього 500 біт / с для 10000 колекторів.

Alata et al. розробив і змодельовав ступінчасті системи відстеження сонця з контрольованим часом, які включають в себе: одновісне відстеження сонця з

похилою апертурою, яка дорівнює розі широти, екваторіальна двухосевое відстеження сонця і азимутальное / вертикальне відстеження сонця (рис. 12). Порівняльне дослідження було проведено на основі нечіткого методу прийняття рішень серед цих трьох сонячних трекерів.

Одноосьова система стеження була нахилена від горизонталі, рівний розі широти, яка вказує на південь ($b = 328$). Погодинне зміна кута відмінювання вважається дуже повільним; отже, відстеження на цій осі можна регулювати один або кілька разів протягом дня для двухосной екваторіальної системи відстеження сонця з кутом нахилу, що дорівнює куту широти. Конструкція відстеження азимута / висоти включає в себе одну вісь, що обертається навколо осі зеніту (перпендикулярній осі), в той час як інша вісь паралельна поверхні землі.

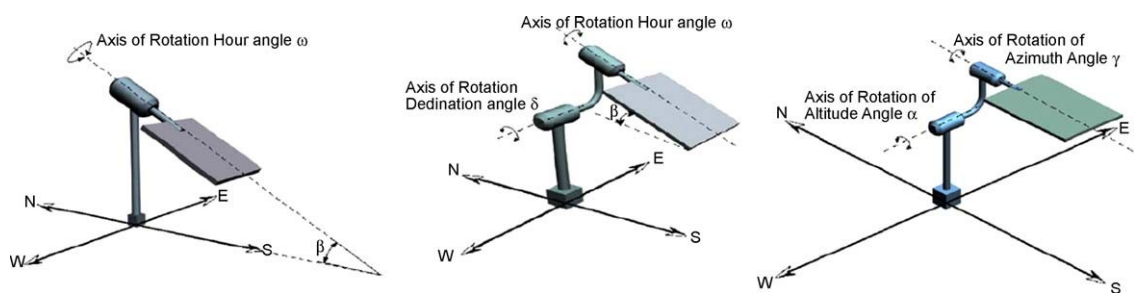


Рисунок 12. (Зліва направо) Одноосьова система відстеження сонця з кутом нахилу, рівною ширині кута; двоочна екваторіальна система відстеження сонця з кутом нахилу, рівною широті; система орієнтації сонця з двома осями азимуту / висоти

У Alata et al. робота, формулювання рівнянь, які описують рух сонця в небі, і проектування трьох типів багатоцільових систем відстеження сонця. Формулювання являє собою заміну математичних рівнянь висоти, азимута, відмінювання і часових кутів нечіткими правилами IF - THEN з використанням віднімає кластеризації поряд з ANFIS як метод видалення правил. Потім в режимі віртуальної реальності (VR) демонструється тривимірне моделювання різних типів сонячних трекерів, що приводяться в дію двигуном постійного струму для кожної осі відстеження. Кожен вихід системи нечіткого виведення

безпосередньо пов'язаний з двома входами: номером дня в році і часом дня в годинах. Результати показані з використанням моделювання і в режимі VR.

Аліман і співавт. розробив новий сонячний трекер для отримання сонячної енергії високої концентрації. Їх система складається з головного дзеркала, оточеного кількома рабськими дзеркалами. Головне дзеркало відбиває сонячні промені на нерухому ціль. Зображення Сонця в цій меті служить еталоном для всіх відомих дзеркал. У стежить за сонцем було дві осі відстеження, перпендикулярні один одному. Одна - це вісь обертання, яка вказує на мету; інша - вісь піднесення, паралельна відбивачу. Коли сонце рухається по небу з ранку до сонячного полудня, площину дзеркала буде обертатися, починаючи з

горизонтальний і повертається до вертикального. Кутове рух навколо цієї осі обертання позначено як γ . Вони вивели формулу, засновану на час і дату, щоб γ представляв режим відстеження піднесення / повороту, який виявився успішним.

Nuwayhid et al. представив проста вправа з проектування, складання та тестування підключеного до ПК двухосного сонячного трек-концентратора. Вони передбачали положення Сонця, використовуючи висоту Сонця і азимутальні кути Сонця, які, в свою чергу, змінюються в синусоїдальній формі і обох функціях часу. Кожна вісь була підключена до двигуна постійного струму, і кожен двигун мав реле для підрахунку певного числа за оборот. Залежність кута на рахунок був визначений з експериментальних даних. Коли швидкість обертання $houranglemotoris$ знижена до 0,23 об / хв, встановлена коробка передач збільшує швидкість до 23 об / хв. Двигуни і датчики їх положення були підключені до ПК. ПК обчислює сонячний час і сонячний кут в даному місці. Система використовує датчик температури, а також дев'ять датчиків LDR в трубі для визначення сонячного випромінювання. Був зроблений висновок про те, що відстеження підвищує температуру робочої рідини в діапазоні 200-600 ° C в порівнянні з відстеженням, яке працює в діапазоні 80-200 ° C. Але простий дизайн і низька вартість систем відстеження є привабливими варіантами, які легко випустити з увазі [16].

AL-Jumaily et al. вивчав характеристики ф1 при лінійної лінзі Френеля, концентрує сонячне випромінювання на двох послідовно з'єднаних поглиначів. Він був виготовлений таким чином, щоб відстежувати сонце в двох вимірах (висота і азимутальні кути). Було проведено більше 200 випробувань для оцінки термічної та оптичної ефективності в залежності від часового кута і температури рідини на вході і виході. Вони виявили, що завдяки використанню двовимірних сонячних трекерів, які підтримують потік випромінювання завжди перпендикулярно колектора, оптична ефективність підтримувалася постійною протягом дня (близько 64%) [88]. Абдалла і ін. Розробив одноосьовим сонячну камеру сонячного контролю площею 1 м² з керуванням PLC. У цій конструкції двигун повертає конструкцію навколо вертикальної осі (азимутальное стеження). Споживання енергії двигуном і електричною системою склало 3% від зібраної енергії. Денні години були розділені на чотири інтервалу, і швидкість двигуна була запрограмована в ПЛК в кожному інтервалі. Графічні результати показали збільшення до 40% з ранку до полудня і вище до 22% ввечері для режиму стеження [15].

Девіс розробив механізм стеження за сонцем, використовуючи екваторіальні і екліптичні осі, які перетинаються один з одним в 238300 році. При цьому Сонце розглядалося як фіксована точка щодо руху Землі, тому пластина стеження повинна обертатися навколо орбіти Землі і обертатися в одному і тому ж місці. кутова швидкість Землі, але в протилежному напрямку. Трикутний модуль повертається за допомогою кульового шарніра, що забезпечує вільне обертання. Помилка відстеження була передбачена близько T28. Основною перевагою цієї системи є використання двигуна з точно постійною швидкістю без будь-якої складної керуючої електроніки [15].

Хлайчем і ін. Застосовувалося управління по замкнутому циклу з використанням методу генетичного алгоритму (GA) для двухосной (висота над азимутом) сонячної системи стеження. Датчик, виготовлений з полікристалічного сонячного елемента, перетворює сонячне випромінювання в напругу. За своїм алгоритмом декодер і лічильник приймають сигнали від

оптичного датчика і перетворюють його в струм, відповідний положенню градуси поворотів осі. Потім дані передаються на ПК через інтерфейсну карту для максимального відстеження. Система відстежує сонце з T108 в обох осях. Тести і аналізи пояснили, що сонячна система стеження, яка використовує GA, збільшує вихідну напругу до 7,084% в порівнянні з тим, яке не має GA [3].

Бланко і співавт. зіставлені відмінності в запропонованих алгоритмах визначення положення сонця. Вони відзначили, що навіть для чотирьох повних алгоритмів (один з яких був запропонований Михальський найбільш точним) їх точність, обчислювальна ефективність і простота використання все ще можуть бути поліпшені. В результаті був розроблений новий алгоритм під назвою алгоритм PSA. Вони оцінили мікропроцесор з відкритим контуром і виявили, що він є більш точним, недорогим і більш простим алгоритмом-контролером, який обчислює напрямок сонячного вектора на основі географічного положення і часу. У порівнянні з алгоритмами Михальського алгоритм PSA показав більш низьке стандартне відхилення помилки на 22, 14 і 28% в істинному зенітному вугіллі, азимут і векторі напрямки сонця, відповідно. Аналогічно, діапазон помилок в обчисленні істинного зенітного відстані, азимуту і вектора напрямку Сонця виявився на 24, 8 і 35% нижче, ніж в алгоритмі Михальського.

Коюнку і співавт. оцінив систему відстеження сонця на основі мікропроцесора для управління рухом сонячної панелі. Щоб обмежити переміщення панелі, максимальні позиції на сході і заході були обмежені за допомогою двох кінцевих вимикачів. Стан кінцевих вимикачів зчитується мікропроцесором. Вони прийшли до висновку, що використання пристрою стеження для утримання панелей перпендикулярно сонячному напрямку максимізує теплову енергію, що отримується від сонячних панелей [16].

3.2.4. Поєднання системи визначення положення Сонця за допомогою сенсора та системи визначення за датою і часом

Рот і співавт. спроектував і побудував двухосевое (один напрямок зі сходу на захід, а інше - піднесення) пристрої проходження за сонцем. Вони використовували піргеліометр в якості вимірювального приладу для спостереження за сонцем, потенціометри і кінцеві вимикачі, пов'язані з осями руху (по одному на кожну вісь), для відправки сигналу в ЦП, пропорційний руху осей, мікропроцесор серії 16F877 в якості основної частини підключений до ПК і двом датчикам, один для отримання інформації про становище на сонце, а інший для індикації інтенсивності сонячного випромінювання, сигналізуючи про початок і кінець дня. У режимі годинника трекер обчислює положення сонця на основі інформації про дату / час його годин. Помилки положення світла вимірюються протягом дня і зберігаються для подальшого аналізу. Дані, зібрані протягом дня, аналізуються, і обчислюється новий покращений набір параметрів для помилок установки. Ці дані використовуються на наступний день для розрахунку більш точних положень Сонця. У режимі сонця трекер використовує дані положення сонця для активного управління наведенням. Якщо інтенсивність падає нижче певного рівня, вона тимчасово повертається в режим годинника. Для сонячного випромінювання нижче 140 Вт / м² реєстрація раптово падає до нуля, але вище цього значення система працює в стабільних умовах. Для підготовки і випробувань на опорі сонячного трекера був встановлений піргеліометр Еплі. Щоб зробити вимірювання більш точними і порівняти вимірний випромінювання з піргеліометра Еплі на тестованому трекері, були використані три додаткових піргеліометра, два з яких були піргеліометра Еплі на сонячному трекері INTRA, а інший - піргеліометра Кіпа і Зонена. Експерименти показали хороші результати, які можна порівняти з результатами швейцарського сонцезахисного трекера INTRA, але за дуже низькою ціною (в 75 разів дешевше швейцарського трекера).

Ајау et al. розробив одноосний сонцезахисний трекер, заснований на мікроконтролер і методи контролю часу, які повинні бути встановлені на лінії сфокусованого сонячного параболічного жолоби-концентратора. Датчик

швидкості вітру, датчик опромінення і датчик температури були підключені до порту АЦП мікроконтролера, який зв'язує годинник реального часу (RTC). Процесор маніпулює даними, отриманими від датчиків, і даними від RTC для розрахунку положення сонця і посилає сигнали на двигун. Висота тіні у верхній частині світлових датчиків становила 86 мм, що дозволило отримати дозвіл 18. Дозвіл також залежить від інтенсивності сонячного випромінювання. При низькій інтенсивності працює тільки система контролю часу. Коли сигнал від будь-якого з легких залежних резисторів подають опорна напруга, вихід компаратора стає низькою. Це є причиною сигналу помилки руху колектора. Імпульси від датчика обертання двигуна пов'язані з контролером. Алгоритм розроблений таким чином, що деякі функції програмного забезпечення зроблять систему надійною. Робота контролера при різних обставинах навколишнього середовища, таких як сонячні дні, хмарні дні, туманні умови і т. Д., Показує, що вузол сонячного датчика був дуже чутливим при виявленні невеликих змін положення сонця і відстежував сонце і вирівнював поверхню колектора. отримувати сонячні промені в межах 18 від свого нормального.

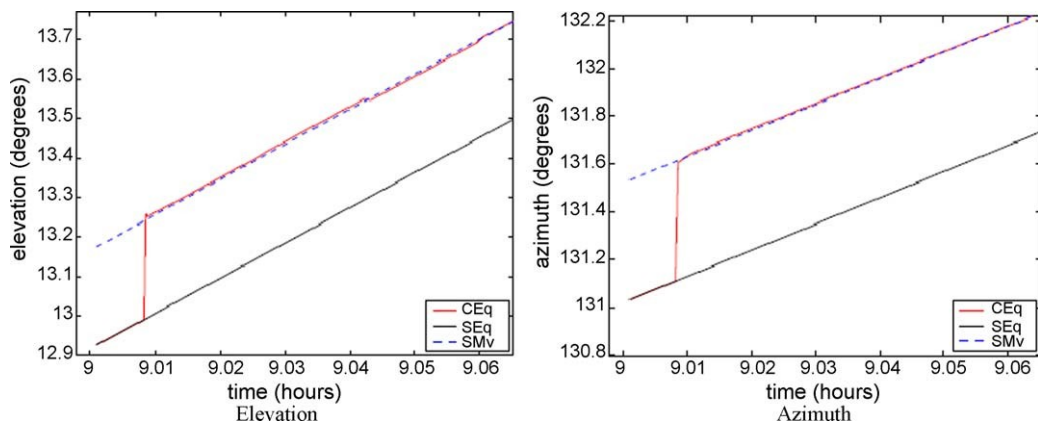


Рисунок 13 - Оцінка координат

Рубіо і співавт. обговорили проектування і реалізацію двовісний фотоелектричного сонячного трека з використанням комбінації стратегії стеження за розімкненим контуром з мікропроцесором, в якій контролер заснований на моделі руху сонця, і стратегії із замкнутим контуром, яка відповідає Електрооптичного контролер. Миттєва потужність, що генерується

масивами, вимірюється датчиком, який випромінює сигнал, пропорційний цієї потужності. Нарешті, вони реалізували пропорційну і інтегральну (PI) стратегію управління для кожної координати незалежно. Їх стратегія стеження дозволила наблизити еволюцію висоти і азимута Сонця, навіть якщо сонячні рівняння дають досить великі помилки. На рис. 13 показаний змодельований приклад еволюції трьох змінних (реального руху Сонця (SMv), прогресії значень, отриманих за допомогою сонячних рівнянь (SEq), і еволюції, отриманої після поправок (CEq). Вони прийшли до висновку, що електрична потужність, що генерується з використанням гібридної стратегії, в середніх значеннях на 55% вище, ніж у відкритому ланцюгу [14].

Vakos спроектував і сконструював двовісну систему стеження за сонцем

Система, в основі якої лежить поєднання звичайних фоторезисторів і методу програмування управління. Електромеханічний пристрій складається з чотирьох реле, двох електронних ланцюгів, двох послідовно з'єднаних фоторезисторів і двох двигунів змінного струму. Для ручного управління, графічного представлення і визначення часу сходу і заходу сонця, для системи, підключеної до комп'ютера, код написаний на мові програмування Visual C ++. Система може відстежувати сонце в напрямку E-W і N-S. Був зроблений висновок, що двовісна система стеження на 46,46% більш ефективна в порівнянні з нерухомою поверхнею, нахиленою на 408 з півдня.

Hession et al. оцінили електромеханічний одноосний (E-W) сонцезахисний трекер з використанням декількох фототранзисторів для контролю положення колектора. Різницеві сигнали від фоторезисторів були перетворені в напругу і були посилені для управління електродвигуном постійного струму потужністю 2,2 Вт. З дев'яти фототранзисторів в датчику один використовувався для нічного і денного виявлення, шість для ширококутного зондування і два для вимірювання дуже вузького кута. Бажане дозвіл було 0,18. Для отримання точних вимірювань енергії система використовувала механізм з годинниковим механізмом в хмарних умовах [14].

Luque-Heredia et al. оцінив новий алгоритм відстеження сонця з гібридною постійною швидкістю на основі PI для концентрації PV. Їх бажаний трекер поєднує в собі як ефемеридні обчислення з розімкненим контуром, так і контролери на основі датчика сонячного наведення із замкнутим контуром.

Для прямої зворотного зв'язку оцінки положення сонця використовувалася математична модель як функція часу, географічних координат і набору збурень. Щоб підвищити точність відстеження, була введена петля зворотного зв'язку, отримана з збурень в моделі процесу. Вони побудували криву реальних положень сонця, криву рівняння сонця і скориговане рівняння сонця в залежності від часу. Результати показали, що реальні положення Сонця і крива скоригованого рівняння Сонця відповідають один одному через 1 годину [98].

Георгієв та ін. Побудував сонцезахисний трекер в режимі «висота над азимутом», в якому одна вісь трекера була встановлена вертикально для відстеження сонця з дозволом 0,058. Вони використовували Бесщеточний двигун на кожній з двох осей і черв'ячний привід для трансмісії. З'єднання з ПК забезпечувалося за вибором послідовного порту RS232-C, RS422 або RS485. Їх послідовник працював в трьох режимах: режим годин, що використовує інформацію про дату / час, режим сонця, який використовує сигнал положення сонця для активного управління наведенням, дистанційний режим, в якому первинні і вторинні положення задаються командами. Крім того, один режим, званий режимом моніторингу, використовується для настройки неробочого випадку. Виміри проводилися автоматично трьома піргеліометра і вручну одним піргеліометра. Потім дані з піргеліометра подавалися на карту АЦП, що зберігається в комп'ютері. З вихідною напругою піргеліометра і

За експериментальної формулою вони розрахували освітленість. У хороших умовах різниця в 60 Вт / м² між випромінюваннями, вимірюваними різними піргеліометра, показала успішні майбутні вимірювання з цією установкою.

Durisch et al. Розроблені та протестовані окремі осередки і модулі на основі сонячного трекера на базі ПК, щоб надавати дані поза приміщеннями в

реальних умовах експлуатації для оптимального використання потужності фотоелектричного обладнання. У їх конструкції щоденне схиляння сонця враховувалося спеціально розробленим кривошипним механізмом. Просте управління в розімкнутому контурі забезпечувало точне відстеження полярної осі і осі відмінювання за допомогою крокових двигунів і черв'ячних передач. Для вимірювання інсоляції на осередках і модулях шість піранометра були з'єднані послідовно, і контрольна осередок була встановлена на трекері. Кілька вимірювань, таких як температура навколишнього середовища і поверхні модуля, пряме нормальне випромінювання, швидкість вітру, напруга і датчики струму були взяті до уваги. Зібрані дані були відправлені на ПК, і були побудовані криві напруга-струм і потужність-напруга. Їх тести показали, що різниця в найбільшій потужності, отриманої двома способами: один з пошуку максимальної потужності під час сканування напруги - струму і другий, знайдений математичними методами, був менш 0,02%.

Сакса і співавт. спроектував і виготовив двовісний мікропроцесорний контролер для відстеження сонця, який слідує за сонцем в азимутному і висотному напрямках за допомогою двоступеневих двигунів. Система працює як в замкнутому, так і в розімкнутому режимах. Їх система складалася із засобу збору та зберігання даних, засоби управління батареями, системного моніторингу, ОЗУ, карти перетворювача, карти мікропроцесора і карти датчиків для визначення напрямку вітру, хмарності, зміни висоти над рівнем моря, зміни висоти вперед, зміни азимута, визначення азимуту вперед. У режимі зі зворотним зв'язком трекер запускається близько 5 години ранку і рухається в режимі ХМАРИ, поки не згасне сонце. Увечері подальший рух вперед припиняється. Трекер повертається у вихідне положення вночі. Дані для параметрів PV і метеорологічних параметрів збираються кожні 10 хвилин [101].

4 РЕАЛІЗАЦІЯ АПАРАТНОЇ СИСТЕМИ ПРОПОНОВАНОЇ СИСТЕМИ

Розумна сонячна система - це система з автономним живленням; всі компоненти системи залежать один від одного, система не потребує ні в якому джерелі живлення від зовнішнього світу, а тільки в сонячному світлі. Ці компоненти з'єднуються один з одним, утворюючи замкнуту систему.

Сонячне випромінювання, зібране фотоелектричним елементом, перетворюється в електричну енергію; панель буде живити вхід зарядного пристрою, який буде заряджати акумулятор 12 В постійного струму. Друга функціональність системи полягає в тому, щоб подавати точну напругу на трекер, щоб досягти найбільш ефективного напрямку і орієнтації системи, яка забезпечує максимальне поглинання сонячного світла.

Батарея буде постачати систему напругою 12 В постійного струму. Двигуни, зарядний пристрій, трекер і датчики живляться від акумулятора. Акумулятор заряджається від фотоелектричного елемента через контролер зарядного пристрою, як показано на рисунку 14.

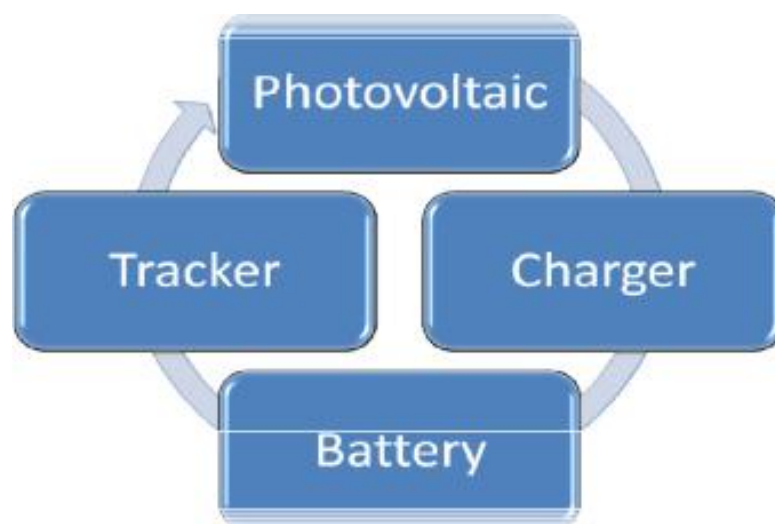


Рисунок 14 - Відносини між основними частинами системи

На рисунку 15 показана блок-схема системи стеження. Це пояснює залежність трекера. Що стосується першого запуску, система повинна швидко і

точно виявляти сонячне світло, тому використовуються фоторезистори [9]. Це дозволить системі стеження визначати місцезнаходження найближчого положення джерела світла на основі порівнянь, виконаних в цифровому процесорі, це буде направляти систему в площині хуз, що означає, що всі кути і місця розташування можуть бути виявлені і досягнуті завдяки двом двигунам (дві осі обертання).

Точність системи підвищується за рахунок коефіцієнта передачі і передавального числа, використовувані крокові двигуни мають 3,5 градуса/крок, з шестернями, доданими до двигунів, були поліпшені багато факторів, такі як ступінь/крок (менше ступеня на крок, що призводить до найкраща точність в положенні і кутах) і високий крутний момент для двигунів.

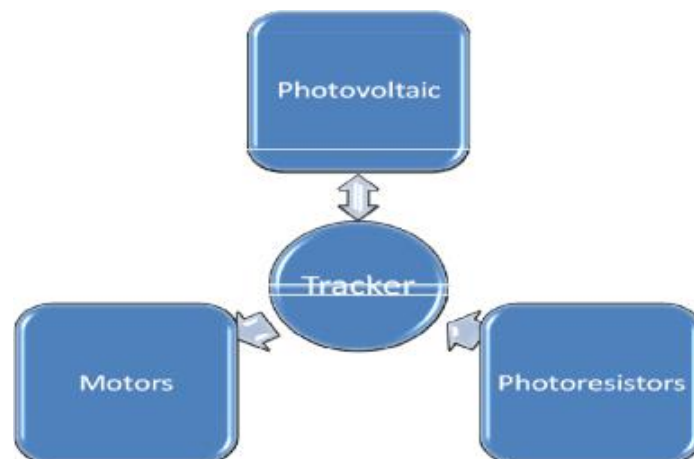


Рисунок 15. Залежність трекера

В системі стеження використовуються три фоторезистора. Закріплений у верхній частині системи поблизу фотоелемента у вигляді X-O-Y, як показано на рисунку 5. Це дозволяє еталонні фоторезистори - ті, які в положенні O будуть порівнюватися з фоторезисторами X і Y і в залежності від вихідної напруги.

Трекер буде порівнювати положення X і O, порівняння закінчиться після того, як будуть досягнуті дуже близькі значення виходів цих двох фоторезисторів, петля буде контролювати рух крокової двигуна і кроки до досягнення майже рівного розподілу сонячного світла. Після досягнення

прийняттого положення і значень для тесту положення X-O фоторезистори Y-O тестуються і порівнюються таким же чином.

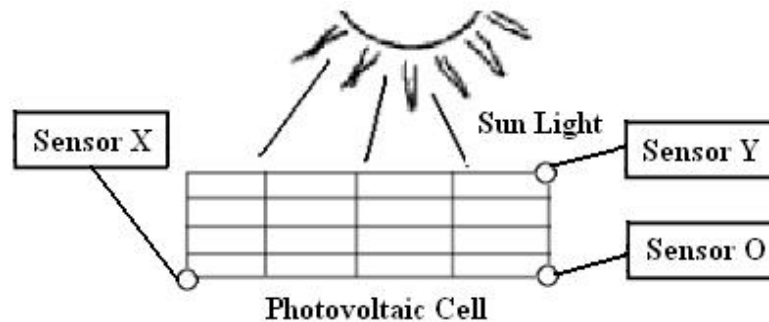


Рисунок 16. Три фоторезистори, встановлені на ПВ

На рисунку 17 показано алгоритм системи трекера. Коли система запускається, вихідні значення датчиків будуть порівнюватися разом, щоб визначити напрямок світла. Якщо вихідний сигнал датчика X більше, ніж вихідного сигналу датчика O, тоді система буде відхилятися в напрямку X, система буде обертатися в площині x-y, щоб досягти значення, при якому два датчика мають майже однакову вихідну напругу.

Та ж сама операція виконується для z-площині, оскільки датчики O і X мають аналогічне вихідна напруга, тоді порівняння з Y-датчиком дозволить системі обертатися в z-площині. Використовуючи цей метод, трекер буде мати положення сонця. Ця позиція буде оновлюватися кожен раз, коли на виходах датчиків буде відбуватися зміна, час поновлення доріжки можна регулювати (знаючи, що відхилення сонця не відбуватиметься щосекунди), тому час періоду можна додати один раз система знаходиться в стабільному положенні, щоб досягти другого сталого положення.

Перевага інтелектуального трекера в тому, що він дозволяє точно визначати положення сонячного світла. Напрямок сонця вимірюється на тривісною діаграмі (положення і кут). Інформація, яку виявить трекер, буде відправлена в різні системи з однаковими функціями (які обертаються вслід за сонячними променями, щоб знизити енергоспоживання системи).

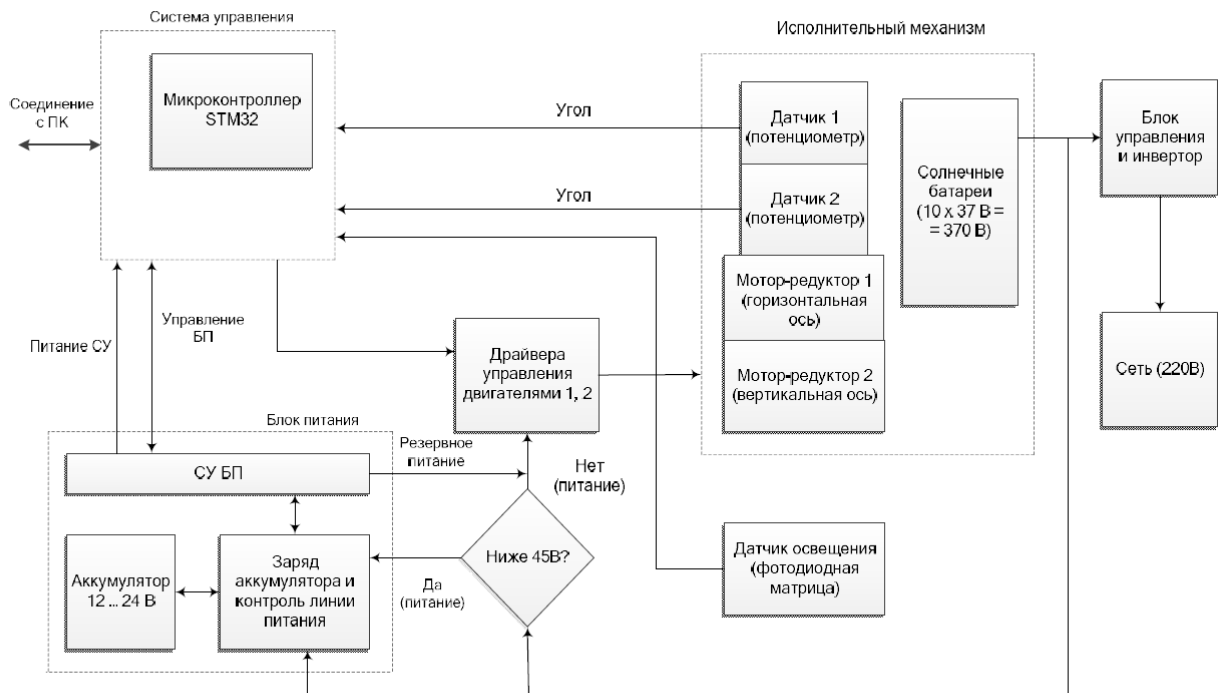
До складу СЕУ входять такі блоки: сонячні батареї, датчики положення сонячних батарей, датчики освітлення, блок живлення, приводи, мікроконтролер.

Система управління здійснює управління виконавчим механізмом, використовуючи драйвер управління електроприводами як проміжне силове ланка, на вхід якого подається широтно-імпульсний модельований сигнал, що задає режим роботи приводів.

Блок живлення складається з накопичувальної частини і логіки розподілу живлення системи. Накопичувальна частина являє собою контролер заряду акумуляторів, а також зв'язку з трьох паралельно включених акумуляторів (12 В) на свинцево-кислотній основі, утворюють лінію резервного живлення. У свою чергу, логіка розподілу живлення системи (системи управління живленням) виконує функції перевірки основних енергетичних ліній системи (резервний канал, що надходить від акумуляторів, і канал, що надходить від сонячних панелей) і виконує перемикання (перекомутацію) лінії живлення електроприводів. Критерієм перемикання є можливість пріоритетної лінії (живлення від сонячних панелей) підтримувати коректну роботу системи; в разі, якщо потужності недостатньо (наприклад, у випадках настання сутінків або неможливості потрапляння сонячного світла на панелі), підключається лінія резервного живлення і передається сигнал основної системи управління про те, що увімкнено резервне живлення.

У блок зворотного зв'язку входять три основних датчика, а саме: два датчика кута повороту і датчик положення сонця.

Датчики кута повороту передають системі управління пропорційний куту сигнал про поточний абсолютному положенні системи, який, в свою чергу, визначає стартові кути системи, а також контроль відпрацювання зміни положення.



Структурная схема СЭУ: СУ – система управления; БП – блок питания

Рисунок 16 - Алгоритм системы трекера

Датчик положения солнца видає вектор напрямку в відносній системі відліку, яка прив'язана до сучасному стану виконавчого механізму, т. Е. Даний датчик видає кути корекції поточного становища.

4.1 Вибір (обґрунтування) комплексу технічних засобів.

Мікропроцесорна система управління. Мікроконтролер - мікросхема, призначена для управління електронними пристроями. Типовий мікроконтролер поєднує в собі функції процесора і периферійних пристроїв, містить оперативний пристрій або постійний запам'ятовуючий пристрій. По суті, це однокристальний комп'ютер, здатний виконувати прості завдання, наприклад, завдання управління.

В роботі пріоритетними завданнями є: відпрацювання закону управління, а також управління виконавчим механізмом у вигляді двох приводів, які відповідно є об'єктами управління.

Для втілення цих завдань було вирішено використовувати мікропроцесорну систему управління, де в ролі головної обчислювальної і керуючої одиниці виступає мікроконтролер з наступних причин:

1) досить високий ступінь інтеграції обчислювального і керуючого блоку, т. Е. Габаритні розміри кінцевого блоку системи управління будуть мінімальні в порівнянні з використанням комбінаційної логіки або ЕОМ (ПК);

2) оптимальне поєднання обчислювальних можливостей мікроконтролера і різновидів периферійних блоків, які використовуються з метою комунікації з ЕОМ як терміналом для виведення статистики, так і силовими драйверами управління електроприводами, де входять сигналом є широтно-імпульсний модулятор;

3) висока обчислювальна здатність з запасом, що в подальшому дозволить розширити систему додаванням нових моделей управління для знаходження максимально ефективною;

4) низька вартість мікроконтролера і мікропроцесорної системи (для порівняння, в роботі використовується мікроконтролер компанії ST STM32F100C8, роздрібна ціна якого не вище 2 дол., З вартістю системи в зібраному варіанті 15 дол.).

Для формування повноцінної системи управління було вирішено використовувати два канали зворотного зв'язку, які відповідно надають можливості відстеження положення платформи (абсолютні дані) і визначення положення сонця щодо поточного стану платформи (відносні дані).

Розберемо більш докладно мета і причини вибору тих чи інших датчиків для кожного з каналів.

Канал відстеження поточного стану платформи повинен надавати в мікропроцесорну систему управління даних про абсолютне положенні платформи, т. Е. Для отримання абсолютних даних стану потрібно

використовувати якусь пропорційну залежність. Для забезпечення цих вимог ідеально підходить потенціометрические датчики, які встановлюються на кожну з осей обертань системи, і з включенням дільників напруги. Такий підхід забезпечить пряму залежність напруги на виході потенціометра від поточного положення платформи.

Як альтернативу датчикам можна використовувати енкодер, але такий підхід не є раціональним, оскільки такий вид датчиків перед початком використання і кожним новим запуском системи вимагатиме стартову ініціалізацію положення, це призведе до великої трати енергії, датчикам потрібно буде відпрацювати всі можливі позиції в системі, де енергоспоживання є критичним ресурсом. Вони також не позбавлені накопичуваної помилки в процесі роботи, оскільки вихідні дані енкодера не мають прямої залежності від будь-якої величини, яка прямо залежить від поточного стану, і є дискретними.

Канал зворотного зв'язку надає системі управління інформацію про те, на скільки коштує змінити поточний становищем, щоб досягти максимальної ефективності сонячних панелей (згідно з припущенням про максимальної вихідної потужності батареї при прямому падінні сонячних променів на кремнієві пластини).

Як датчики каналу використовуються пари фотодіодів, що знаходяться під різними кутами, які дозволяють отримати різниці інтенсивності світла, що падає на них і які після обробки поста формують вектор напрямку сонячного світла щодо поточного стану платформи.

Виконавчий механізм складається з двох найголовніших приводів:

1) двигуна лінійного переміщення (лінійного двигуна або лінійного актуатора), до складу якого входить двигун постійного струму, редуктор і черв'ячно- гвинтова пара;

2) черв'ячного мотора-редуктора обертання, що складається з редуктора і двигуна постійного струму.

Управління приводами виконано з використанням широтно-імпульсної модуляції і силового драйвера, який комутує джерело живлення достатньої потужності в живильну ланцюг приводу, оскільки потужність сигналу широтно-імпульсного модулятора не є достатньою для прямого управління двигуном.

Силові драйвери використовують бруківку схему включення опторісторів, що дозволяє працювати з досить великим навантаженням і надійністю.

Висновки. Розглянуто питання побудови сонячної енергетичної установки на основі використання поворотної платформи відстежує положення сонця.

4.2 Оцінка ефективності запропонованої системи

Технічні характеристики та первинні результати

А. Технічні характеристики

Для демонстрації ефективності запропонованої системи генерується алгоритм управління, як показано в таблиці 1.

ТАБЛИЦЯ І. Алгоритм УПРАВЛІННЯ

Крок №	Дія
1	Встановіть маленький PV
2	Встановіть PV в початкове положення (0,0,0)
3	Знайдіть максимальну кількість сонячного світла, використовуючи фоторезистори, і збережіть положення PV
4	Виміряйте струм (I)

5	<p>Якщо $I <$ порогове значення (мінімальний струм); почекайте 30 хвилин і перейдіть до кроку 3, в іншому випадку перейдіть до кроку 6</p> <p>Поверніть PV вліво на 3,5 виміряйте струм; якщо він більше, ніж попередній струм, продовжуйте повертати вліво до знаходження максимуму</p>
6	<p>ток по осях X і Y; В іншому випадку поверніть праворуч і зробіть те ж саме. Після визначення максимального струму поверніть вгору або вниз, щоб отримати максимальний струм по осі z, і почекайте 45 хвилин.</p>
7	<p>Надішліть координати (x, y, z) на нагрівач або великі панелі, дротові або бездротові.</p>
8	<p>Перейти до кроку 3</p>

В. Попередні результати

Для оцінки ефективності запропонованої системи були проведені деякі вимірювання в сонячний літній день. Таблиця 2 показує порівняння між максимальним струмом з використанням фіксованої фотоелектричної панелі (PV) і використанням запропонованої системи в різний час.

ТАБЛИЦЯ II. ПОРІВНЯННЯ ПОТОЧНОГО МІЖ ФІКСОВАНИМ PV І ВИКОРИСТАННЯ ПРОПОНОВАНОЇ СИСТЕМИ

Тимчасової ток з використанням фіксованого PV струму з використанням

(Amp) запропонована система (Amp)

Час	Струм використанням фіксованого PV (Amp)	з	поточне використання запропонована система (Amp)
8:00	0,42		0,85
9:00	0,55		0,90
10:00	0,75		0,92
11:00	0,81		0,95
12:00	0,92		0,99
13:00	0,95		0,99
14:00	0,88		0,99
15:00	0,76		0,98
16:00	0,42		0,95
17:00	0,23		0,95
18:00	0,15		0,92
7:00	0,08		0,72
20:00	0,01		0,25
Всього	6,93		11,36.

Ефективність запропонованої системи можна розрахувати за допомогою рівняння (1):

$$\text{Ефективність} = (11,36 - 6,93) * 100 = 63,92\% \quad (1)$$

6,93

Здається, що ефективність запропонованої системи може бути збільшена приблизно на 64% в літній сонячний день. Крім того, запропонована система споживає мало енергії для повороту фотоелектричної панелі за допомогою

невеликого крокової двигуна замість великий панелі, яка споживає більшу кількість енергії [10]. Крім того, ця система може харчуватися від фотоелектричної панелі за допомогою 12-вольтової батареї.

У цьому розділі запропоновано універсальну багатофункціональної сонячної системи стеження. Запропонована система була реалізована в архітектурі зниженою складності, такий як мікроконтролер. Система управління, яка є основою пропонованої системи, використовується для повороту невеликий фотоелектричної панелі в трьох напрямках для визначення максимального вихідного струму.

Три фоторезистора використовуються кожні 45 хвилин, щоб перенаправити фотоелектричні панель для визначення найближчого значення максимального сонця

5 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

Стартап - вид малого венчурного підприємництва, фактично являє собою бізнес-ідею, що заснована на інновації бо інноваційній технології. Ця ідея ще не використовується на ринку або компанія, що хоче вийти на ринок з цією ідеєю має новий погляд щодо її реалізації, що має суттєві переваги над існуючими.

У цьому розділі буде проведено розробку стартап-проекту на тему дисертації, а саме пошук найбільш ефективного способу використання результатів дисертації в ринкових умовах. Буде проведений маркетинговий аналіз стартап-проекту, що складається з: відбору ідей, побудови концепції продукту/послуги, визначення перспектив ринкової реалізації продукту та розроблення маркетингової стратегії.

5.1 Опис ідеї проекту

У табл. 5.1 поданий зміст ідеї для стартап-проекту із зазначення можливих напрямків застосування та вигодами для потенційного користувача товару.

Таблиця 5.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрями застосування	Вигоди для користувача
Надання послуг зі встановлення сонячної батареї з системою відслідковування положення Сонця чи встановлення такої системи на вже існуючу сонячну батарею	Послуги зі встановлення сонячної батареї	Встановлення сонячної батареї у домогосподарстві, економічно вигіднішого, в порівнянні з іншими
	Послуги модернізації існуючих сонячних батарей	Можливість збільшення ефективності роботи сонячної батареї

5.2 Технологічний аудит ідеї проекту

У табл. 5.2 наведено аудит технологій, за допомогою яких можна реалізувати ідею проекту.

Таблиця 5.2 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Встановлення/модернізація сонячної батареї	Встановлення/модернізація сонячної батареї ресурсами власної компанії	Так	Так
2	Встановлення/модернізація сонячної батареї	Встановлення/модернізація сонячної батареї у кооперації з компаніями вже існуючими у цьому сегменті ринку	Так	Так

Обрана технологія реалізації ідеї проекту: перша, але з можливістю кооперації з іншими компаніями в частині встановлення системи сонячних панелей.

5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначення ринкових можливостей під час впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту.

На табл. 5.3 приведено аналіз попиту для визначення привабливості ринку для входження.

Таблиця 5.3 – Попередня характеристика потенційного ринку стартапу

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж, \$/рік	60 млн. \$/рік
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Швидко зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Обмежена кількість потенційних клієнтів
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Немає
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	14-17

У таблиці 5.4 визначені потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та сформовано орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи.

Таблиця 5.4 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Економічна вигідність використання систем сонячних панелей	Власники приватних будинків	Різна купівельна спроможність	Гарантійне обслуговування системи

В наступних таблицях (табл. 5.5-5.6) наведено фактори, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та фактори, що йому перешкоджають. Фактори в таблиці подані в порядку зменшення значущості.

Таблиця 5.5 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Поява конкурентних рішень	Поява принципово іншого, ефективнішого методу відслідковування	Розробка аналогічного інструменту для нових типів пристроїв
2	Зміна ринку	Швидке зростання та прогнозоване витіснення сонячного світла, як джерела енергії, іншим	Поступова диверсифікація джерел енергії в напрямку ефективніших

Таблиця 5.6 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Розширення галузі	Зростання попиту на продукт, зокрема серед власників багатоквартирних будинків	Створення продукту з дружнім до користувача інтерфейсом для можливості власноручного розгортання системи

Далі проводиться аналіз пропозиції (табл. 5.7): визначаються загальні риси конкуренції на ринку

Таблиця 5.7 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути
--------------------------------------	--------------------------	--

	характеристика	конкурентоспроможною)
1. Вказати тип конкуренції: монополія/олігополія/ монополістична/чиста	Чиста	
2. За рівнем конкурентної боротьби - локальний/національний/...	Локальний	Можливість створення компанії міжрегіонального/національного рівня
3. За галузевою ознакою: міжгалузева/внутрішньогалузева	Міжгалузева	Можливість співпраці на юридичному рівні для лобіювання законів, що забезпечать конкурентоспроможність з іншими галузями енергетики
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-родова, товарно-видова, між бажаннями	Товарно-родова	Розширення функціоналу системи
5. За характером конкурентних переваг: цінова/нецінова	Нецінова	
6. За інтенсивністю: марочна/не марочна	Не марочна	Створення впізнаваного бренду

Детальний аналіз конкуренції в галузі проводиться за моделлю 5 сил М.

Портера і показаний на табл. 5.8.

Таблиця 5.8 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Компанії зі встановлення систем сонячних	Інші компанії, що спеціалізуються на використанні сонячної енергії в	Компанії, що спеціалізуються на постачанні комплектуючих	Приватні домогосподарства	Повноцінних замінників не

	панелей	допогосподарствах	для систем або інтернет- майданчики		знайдено
Висновк и	Конкуренція не надто інтенсивна	Є достатньо можливостей для виходу на ринок	Постачальники не диктують умови на ринку	Клієнти мають мінімум вимог	Обмеження через замінників немає

Останнім етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (табл. 5.9) на основі попередньо визначених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін.

Таблиця 5.9 – SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: підвищення ефективності звичайної системи сонячних панелей на 30-60%	Слабкі сторони: залежність від правильного проведення інформаційної кампанії серед потенційних клієнтів
Можливості: Вдосконалення системи відслідковування положення Сонця, та збільшення надійності рухових механізмів	Загрози: освоєння конкурентами аналогічних або ефективніших методів підвищення ефективності роботи сонячних батарей

В табл. 5.10 проаналізовані альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок. Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів.

Таблиця 5.10 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової	Ймовірність отримання	Строки реалізації
-------	--	-----------------------	-------------------

	поведінки	ресурсів	
1	Освоєння альтернативного методу відслідковування положення Сонця, що буде більше економічно вигідним	Така сама, як і в випадку основної ринкової поведінки	Довше, ніж у випадку основної ринкової поведінки
2	Освоєння іншого методу управління ефективністю фотоелектричними перетворювачами	В залежності від методу	Довше, ніж у випадку основної ринкової поведінки

5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Ринкова стратегія проекту заснована на визначенні стратегії охоплення ринку, тобто опису цільових груп потенційних клієнтів (табл. 5.11).

Таблиця 5.11 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Власники приватного домогосподарства	Висока	Середній	Невисока	Середня

Для роботи в обраних сегментах ринку була сформована базова стратегія розвитку (табл. 5.12).

Таблиця 5.12 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Стратегія спеціалізації	Концентрація на потребах одного цільового сегменту	Висока якість послуг. Гнучкість та можливість підтримки невеликих проектів	Стратегія диференціації

5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Для формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач, підсумуємо результати аналізу конкурентоспроможності товару в табл. 5.13.

Таблиця 5.13 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Високий ККД	Вищий ККД серед доступних на ринку батарей	Вищий ККД

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій. Запропонована концепція представлена на табл. 5.14.

Таблиця 5.14 – Концепція маркетингових комунікацій

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються	Ключові позиції, обрані для Позиціонування	Завдання рекламного повідомленн я	Концепція рекламного звернення

	ЦІЛЬОВІ КЛІЄНТИ			
Клієнти напряму звертаються до компанії	Мережа інтернет, особисті знайомства	Вищий ККД роботи системи серед конкурентів, гарантійне обслуговування	Наголосити можливому підвищенні ефективност і системи на 30-60%	Найвищий відсоток ефективності роботи сонячної батареї

Висновки до розділу 5

Узагальнюючи результати проведеного аналізу, можна зазначити, що проект має шанси на успішну ринкову комерціалізацію. Ідея має високу конкурентоспроможність в порівнянні з вже існуючими компаніями.

Проект можливо реалізувати з технічної точки зору, оскільки інструменти для реалізації доступні. До того ж, проект не потребує високих початкових фінансових вкладень.

Ринок на сьогоднішній день є особливо привабливим для входження, оскільки галузь альтернативних джерел енергії, зокрема і сонячна енергетика стрімко розвиваються. Ця сфера отримує великий рівень уваги з боку інвесторів.

Конкуренцію на ринку подібних систем складають лише невеликі локальні компанії. Поява нового продукту, з позитивною «розкачкою» бренду дозволить вирости компанії до національного рівня.

У проекту є широкий вибір альтернатив ринкової поведінки, адже дослідження по підвищенні ефективності систем фотоелектричних перетворювачів ведуться постійно у всіх країнах, які мають відповідні наукові та технічні можливості. Адже, зокрема і за сонячною енергетикою найближче майбутнє енергетичних технологій.

Маркетингова програма включатиме концепцію виходу на ринок, як інноваційної компанії з найвищим коефіцієнтом корисної дії системи фотоелектричних перетворювачів на ринки.

ВИСНОВКИ

1. Для системи управління ефективністю системи фотоелектричного перетворювача на основі мікропроцесорних пристроїв обрано ідею відстеження положення Сонця. Проведено огляд існуючих методів відстеження положення Сонця та обрано метод відслідковування за допомогою датчиків (фоторезисторів).
2. Запропонована система може підвищити ефективність роботи системи фотоелектричного перетворювача на 60%. Це дуже високий показник ефективності, що значно підвищує рентабельність встановлення сонячних батарей, зокрема у приватних домогосподарствах.
3. В склад системи входить акумулятор, що живить систему управління ефективністю ФЕП на основі мікроконтролера. Сам акумулятор заряджатиметься від енергії фотоелектричних перетворювачів. Це робить систему автономною і не вносить значних корективів в роботу системи ФЕП.
4. Розроблено стартап-проект для комерційної реалізації системи управління ефективністю системи ФЕП на основі мікроконтролера для існуючого ринку сонячної енергетики. Аналіз стартап-моделі показав високу комерційну привабливість проекту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. California Institute of Technology. Basic research needs for solar energy utilization. Report of the basic energy sciences workshop on solar energy utilization; April 18–21, 2005.
2. Markvart T. Solar electricity, 2nd ed., New York: John Wiley and Sons Inc.; 1996.
3. Tracstar. Should you install a solar tracker?; 2007. <http://www.helmholz.us/smallpowersystems/>.
4. Bione J, Vilela OC, Fraidenraich N. Comparison of the performance of PV water pumping systems driven by fixed, tracking and V-trough generators. Solar Energy 2004;76:703–11.
5. Бойко І. В. Мікропроцесори та мікроконтролери/ В. І. Бойко та ін. – К.: Вищапшк., 2004. – 399 с.
6. Зеленков І.А. Фотометрія.- К.:НАУ, 2003. – 205 с.
7. Tomson T. Discrete two-positional tracking of solar collectors. Renewable Energy 2008;33:400–5.
8. Agee JT, Obok-Opok A, Lazzer MD. Solar tracker technologies: market trends and field applications. Advanced Materials Research 2007;18–19:339–44.
9. Ai B, Shen H, Ban Q, Ji B, Liao X. Calculation of the hourly and daily radiation incident on three step tracking planes. Energy Conversion and Management 2003;44:1999–2011.
10. *Кривцов В. С.* Неисчерпаемая энергия: учеб. Кн. 2. Ветроэнергетика / В. С. Кривцов,
11. А. М. Олейников, А. И. Яковлев. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», Севастополь: Севаст. нац. техн. ун-т, 2004. – 519 с.
12. Grass C, Schoelkopf W, Staudacher L, Hacker Z. Comparison of the optics of non-tracking and novel types of tracking solar thermal collectors for process heat applications up to 300 8C. Solar Energy 2004;76:207–15.

13. Helwa NH, Bahgat ABG, Shafee AMRE, Shenawy ETE. Computation of the solar energy captured by different solar tracking systems. *Energy Sources* 2000;22: 35–44.
14. Lorenzo E, Perez M, Ezpeleta A, Acedo J. Design of tracking photovoltaic systems with a single vertical axis. *Progress in PV Research and Applications* 2002;10:533–43.
15. Zahedi, “*Energy, People, Environment, Development of an integrated renewable energy and energy storage system, an uninterruptible power supply for people and for better environment,*” The International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 1994. 'Humans, Information and Technology', Vol. 3 pp. 2692-2695, 1994.
16. 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.
17. J. Arai, K. Iba, T. Funabashi; Y. Nakanishi, K. Koyanagi, and R. Yokoyama, “Power electronics and its applications to *renewable energy* in Japan, ” The IEEE Circuits and Systems Magazine, Vol. 8, No. 3, pp. 52-66, 2008.
18. S. Takemaro and Shibata Yukio, “Theoretical Concentration of Solar Radiation by Central Receiver Systems,” *The International Journal of Solar Energy*, 261-270, 1983.
19. Mumba J. Development of a photovoltaic powered forced circulation grain dryer for use in the tropics. *Renewable Energy* 1995;6(7):855–62.
20. Sangani CS, Solanki CS. Experimental evaluation of V-trough (2 suns) PV concentrator system using commercial PV modules. *Solar Energy Materials & Solar Cells* 2007;91:453–9.
21. Pavel YV, Gonzalez HJ, Vorobiev YV. Optimization of the solar energy collection in tracking and non-tracking PV solar system. In: Proceedings of the 1st international conference on electrical and electronics engineering, ICEEE; 2004. p. 310–4.

22. Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.