

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНО

Завідувач кафедри  
к.ф.-м.н., І.І. Чичура

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної бакалаврської роботи

на тему:

**АВТОМАТИЗОВАНИЙ МОДУЛЬ МОНІТОРИНГУ СОНЯЧНОГО  
ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ ПРИВАТНОЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ**

Виконав:

Діус Андрій Олександрович  
(прізвище, ім'я, по-батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Науковий керівник:

к.ф.-м.н., Чичура І.І., ст.викл.  
(вчене звання, ПШБ, посада)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Ужгород – 2023

Ужгородський національний університет

Інженерно-технічний факультет  
Кафедра приладобудування  
Освітньо-кваліфікаційний рівень «БАКАЛАВР»  
Напрямок підготовки Автоматизація

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
доц. Чичура Ігор Іванович

“20” червня 2023р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ**

Студенту Діусу Андрію Олександровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема КБР «Автоматизований модуль моніторингу сонячного випромінювання для приватної сонячної електростанції»

керівник роботи доц. Чичура Ігор Іванович,

(вчене звання, ПІБ, науковий ступінь)

затверджені Розпорядженням по ІТФ від “12” травня 2023 року № 16.

2. Строк подання студентом роботи “12” червня 2023 року.

3. Вихідні дані до роботи: об'єктом розробки є простий та надійний пристрій для моніторингу сонячного випромінювання, що може використовуватися для орієнтування сонячних панелей приватної сонячної електростанції.

Характеристики пристрою:

- Датчик інтенсивності сонячного випромінювання;
- модуль керування приводами системи орієнтування;
- кількість незалежними осей - 1;
- дисплей для відображення інформації;

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Аналіз наявних технічних рішень, що можуть бути адаптовані до вирішення поставленого завдання; огляд літератури та сучасних підходів до

побудови сонячних трекерів; розробка структурної та електричної принципової схем пристрою.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Схема комбінована структурна – 1ф. А4. 2. Схема електрична принципова – 1ф. А2. 3

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання " 15 " лютого 2023 року.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання КБР	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Огляд літератури	до 1/03/23	
2	Пошук на аналіз об'єктів дослідження	до 15/03/23	
3	Вибір елементної бази	до 10/04/23	
4	Розробка структурної та принципової схеми	до 30/04/23	
5	Розробка алгоритму та програмного забезпечення	до 10/05/23	
6	Оформлення технічної документації	до 25/05/23	
7	Оформлення текстової частини	до 10/06/23	

Студент

(підпис)

Ім'я ПРІЗВИЩЕ

Керівник КБР

(підпис)

Ім'я ПРІЗВИЩЕ

## Реферат

Кваліфікаційна робота присвячена проектуванню Автоматизованого модулю моніторингу сонячного випромінювання для приватної сонячної електростанції.

Метою роботи є ознайомлення з темою використання сонячної енергії, проектування електронної мікроконтролерної системи моніторингу сонячного випромінювання.

Актуальність даної роботи полягає в тому, що в час повномасштабної війни росії проти України ми зіткнулись з проблемою централізованого електропостачання, а розроблювальний пристрій дозволить українцям створити ефективну приватну (домашню) сонячну електростанцію і мати можливість постійно моніторити її роботу.

В першому розділі описується використання сонячної енергії в Україні, проводиться опис технологій: проектування, керування та використання сонячних електричних пристроїв для використання сонячної енергії. Актуальність сучасного використання.

В другому розділі проводиться аналіз технічного завдання, підбір компонентів, визначення потреб і можливостей пристрою а також наявних аналогів.

В третьому розділі описується створення схем пристрою, алгоритму роботи та коду, а також проведено дослідження можливостей розвитку пристрою.

Результатом роботи є спроектована система автоматизованого модулю моніторингу сонячного випромінювання.

Робота викладена на 44 сторінок, у тому числі включає 11 рисунків та список цитованої літератури із 27 джерел.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ, СОНЯЧНОЮ ЕНЕРГІЄЮ, СОНЯЧНІ ЕЛЕКТРИЧНІ СТАНЦІЇ, СОНЯЧНИЙ ТРЕКЕР, СОНЯЧНІ БАТАРЕЇ.

## Abstract

The qualification work is devoted to the design of the Automated solar radiation monitoring module for a private solar power plant.

The purpose of the work is to get acquainted with the topic of using solar energy, designing an electronic microcontroller system for monitoring solar radiation.

The relevance of this work lies in the fact that during the full-scale war of Russia against Ukraine, we faced the problem of centralized power supply, and the development device will allow Ukrainians to create an efficient private (home) solar power plant and be able to constantly monitor its operation.

The first chapter describes the use of solar energy in Ukraine, describes technologies: design, control and use of solar electric devices for the use of solar energy. Relevance of modern use.

In the second section, the analysis of the technical task, the selection of components, the determination of the needs and capabilities of the device, as well as existing analogues, is carried out.

The third chapter describes the creation of device schemes, the work algorithm and the code, as well as a study of the device's development possibilities.




The result of the work is a designed system of an automated solar radiation monitoring module.

The work is laid out on 44 pages, including 11 figures and a list of cited literature from 27 sources.

**KEY WORDS:** ENERGY SOURCE, SOLAR ENERGY, SOLAR POWER PLANTS, SOLAR TRACKER, SOLAR BATTERIES.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ .....	8
1.1 Сонячні батареї, як джерело енергії.....	8
1.2 Розвиток та нинішній стан сонячної енергетики в Україні .....	10
1.3 Виклики з якими стикнулась Україна.....	11
1.4 Сонячна енергетика в приватному секторі.....	12
2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ ТА ПІДБІР КОМПОНЕНТІВ ПРОЕКТОВАНОГО ПРИСТРОЮ.....	16
2.1 Визначення вимог до пристрою.....	16
2.2 Аналіз потреб і можливостей пристрою і його аналогів.....	17
2.3 Підбір компонентів модуля моніторингу .....	19
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ .....	25
3.1 Розробка схем.....	25
3.2 Програмування контролера .....	30
3.3 Аналіз майбутнього розвитку пристрою.....	36
ВИСНОВКИ.....	40
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	41
ДОДАТОКИ.....	44

КБР.АКІТ.19050029.01.000 ПЗ				
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата
розробив		Діус А.О.		
Перевірив		Чичура І.І.		
Н. Контр.		Гюптонников С.В.		
Завт.		Чичура І.І.		
<i>Автоматизований модуль моніторингу сонячного випромінювання для приватної сонячної електростанції</i>				
		Літера	Аркуш	Аркушів
		у	6	44
УжНУ, ІТФ 4 курс гр. АКІТ				

## ВСТУП

Використання відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) є одним із пріоритетних напрямів енергетичної системи України.

Універсальним джерелом ВДЕ є сонячна енергетика, яка стає все більш популярною альтернативою традиційних джерел електроенергії.

Розвиток сонячної енергетики в Україні є важливим не лише через вичерпність ресурсів для традиційних джерел енергії, але і через вседоступність, що дозволяє децентралізувати енергосистему, а також зменшити навантаження на довкілля.

Для уникнення проблем з користуванням приватною сонячною електростанцією використовуються системи моніторингу.

Здійснення моніторингу сонячного випромінювання дозволяє вчасно виявити будь-які проблеми, пошкодження або зменшення ефективності сонячної електростанції, що забезпечує її надійну роботу протягом усього терміну служби.

Метою дипломної роботи є розробка та реалізація комплексної системи, яка дозволить в реальному часі збирати та візуалізувати дані про роботу сонячної електростанції.

Для цього під час виконання роботи був проведений аналіз варіантів додаткових модулів і датчиків до проєктованого пристрою який був розроблений максимально простим і економним для можливості його пристосування до будь-яких потреб за допомогою цих варіантів.

					КБР.АКІТ.19050029.01.001 ПЗ	Арк
						7
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

# 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

## 1.1 Сонячні батареї, як джерело енергії

В нашому світі залишилося все менше природніх джерел енергії. Ресурсів нафти, газу і вугілля з кожним роком стає все менше й менше і все сходиться до того, що незабаром запаси ресурсів можуть завершитися. А з початком повномасштабної війни це питання стало ще актуальнішим. Стає потреба в використанні відновлювальних джерел енергії. Зараз в усіх розвинених країнах проводяться різні дослідження для розробки та удосконалення відновлювальних джерел енергії.

На сьогоднішній день, сонячна енергетика є одним з найбільш перспективних джерел енергії. На сьогоднішній день є досить багато конструкцій, що дозволяють перетворювати енергію сонця в електричну та теплову енергію. Галузь поступово росте і розвивається, але, як і скрізь, є свої проблеми.

Для отримання теплової і електричної енергії з сонячного випромінювання використовують спеціальне обладнання, відоме як сонячні панелі. Інколи їх також називають сонячними батареями.

Коли сонячні промені потрапляють на це обладнання, то він починає нагріватися, частково поглинаючи виділену від променів енергію. Фотони світла «вибивають» електрони з загальної атомної структури напівпровідника, і вільні електрони формують заряд.

Загалом, кожна з комірок не є суцільним сегментом кремнію, а по суті складається з двох шарів. Проте навіть цього не буде достатньо для створення повноцінного електричного поля, оскільки в чистому вигляді кремній не є надто хорошим провідником. Тож для формування позитивного та негативного заряду кремнієвих шарів, додатково домішують сторонні речовини.

Верхній шар кремнію насичується фосфором, який додає йому зайві електрони з негативним зарядом. Тож цей шар отримав назву n-тип (negative). В

					КБР.АКІТ.19050029.01.001 ПЗ	Арк
						8
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

той час нижній сегмент насичується бором, що зменшує кількість електронів і формує позитивний заряд. Такий кремній отримав назву р-типу. Внаслідок цього, між кремнієвими шарами формується електричне поле. І як вже було сказано вище, коли фотон сонячного світла вибиває вільний електрон, електричне поле виштовхує його із з'єднання кремнію. Так формується струм. Тип такого провідника отримав назву P-N.

Отож, заряд сформовано. Яку практичну користь з нього отримати? Кожна комірка оснащується струмознімними шинами і електропровідними пластинами по боках, які виводячи отриманий струм в систему.

- Теплові колектори

Різновиди сонячних панелей

Промисловість виробляє три основних типи сонячних панелей:

- Монокристалічні
- Полікристалічні
- Тонкоплівкові

В перших двох використовують чистий кремній з напиленням легуючих матеріалів на зовнішній і струмопровідною основою на тильній сторонах. Тонкоплівкові сонячні батареї можуть бути з аморфного кремнію чи інших напівпровідникових матеріалів, також з додатковим напиленням і струмоприймальними елементами. Всі види потребують прозорого зовнішнього шару зі скла чи полімерів для захисту від вологи і механічних пошкоджень.

Монокристалічні – найдорожчі, з найбільшою вагою, але при цьому в них найвищий ККД (до 25%), найменша площа для виробництва 1 кВт (до 8 м<sup>2</sup>), найдовший строк служби (20 – 25 років) з найнижчими втратами потужності від температури і часу.

Тонкоплівкові найдешевші і найлегші, з трошки більшою за монокристали робочою площею, але гарантійний термін в них не перевищує 3 років і вони дуже залежні від погодних умов.

Полікристалічні сонячні панелі потребують в декілька разів більших за монокристали і плівки площ для виробництва 1 кВт, але по іншим показникам

									Арк
									9
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата	КБР.АКІТ.19050029.01.001 ПЗ				

вони не набагато поступаються монокристалічним сонячним батареям, і в десятки разів кращі за плівкові [1-2].

Сонячна електростанція зображена на рис.1.1.



Рисунок 1.1 — Сонячна електростанція [21]

## 1.2 Розвиток та нинішній стан сонячної енергетики в Україні

Сонячна енергетика є відносно новою галуззю в Україні. При цьому темпи її розвитку є надзвичайно високими, у порівнянні з іншими секторами вітчизняної економіки. Так, за підсумками 2021 року на сонячну енергетику в Україні припало понад 5% загального виробництва електроенергії.

Вся територія нашої держави є придатною для розташування сонячних електростанцій. При цьому найбільш сприятливими для цього є південні регіони України (Одеська, Миколаївська, Херсонська, Запорізька та частина Донецької області, АР Крим), де сьогодні зосереджено понад 60% промислових СЕС. Станом

Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата

на кінець 2021 року сумарна потужність сонячних електростанцій склала 6320 МВт (без урахування тих, що знаходяться на тимчасово окупованих територіях).

За підсумками останніх років наша держава мала одні з найвищих темпів розвитку сонячної енергетики в Європі. Однак вторгнення агресора завдало значних збитків галузі. Дві третини СЕС в Україні розташовані на півдні, де сьогодні йдуть активні бойові дії. За різними оцінками, понад 30% сонячних електростанцій на окупованих територіях, а це приблизно 1120-1500 МВт встановленої потужності, зазнали руйнувань. Крім того, зруйновано більше 25% непромислових (приватних) СЕС.

Розвиток сонячної енергетики в Україні в найближчі роки унеможливлено через вторгнення агресора. Тому надзвичайно важливо на державному рівні розробити стратегію відновлення галузі. Загалом для повернення сонячної енергетики на довоєнний рівень необхідно прийняти кілька дієвих рішень:

1. спрямувати кошти з різних фондів для відновлення інфраструктури;
2. заохочувати інвестиції для будівництва нових СЕС;
3. надати пільгові умови для доступу компаній галузі до ринків збуту.

Сьогодні в Україні вже функціонує справедливий та прозорий механізм реалізації електроенергії. Завдяки електронним аукціонам, що відбуваються в торговій системі Української енергетичної біржі, виробники та постачальники можуть продавати електричну енергію за зрозумілими умовами та ринковими цінами, які формуються на основі реального попиту та пропозиції [3].

### 1.3 Виклики з якими стикнулась Україна

24 лютого 2022 року розпочався зворотній відлік часу не лише до військової перемоги України над російським загарбником, але й до її енергетичної незалежності. Завдяки цій кривавій війні, цінність відновлюваних джерел енергії трансформувалась з більш екологічної на безпекову та економічну. Ще пів року назад, відновлювані джерела енергії вважались світовою спільнотою, в першу чергу, інструментом боротьби з невідвратною зміною клімату та скорочення

										Арк
										11
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата	КБР.АКІТ.19050029.01.001 ПЗ					

викидів вуглецю. Сьогодні, вітрова, сонячна, біо, мала гідро та воднева енергетики є запорукою енергетичної безпеки та незалежності держав, а її собівартість є значно нижчою за викопне паливо. Ще 2021 року український сектор відновлюваної енергетики виборював собі право функціонувати за справедливих умов, гарантованих державою, але вже у 2022 році — готується стати однією з основ післявоєнної відбудови України та подальшого нарощення енергетичної незалежності держави [4].

В час війни Україна стикнулася з багатьма викликами, в тому числі і з енергетичним. Централізована система енергопостачання і агресивні атаки росії на енергетичну інфраструктуру України призвели до того, що більшість населення України стикнулася із такою проблемою як блекаут. Для подолання цієї проблеми і подальшої енергетичної безпеки, Україна почала переходити до децентралізованої енергосистеми.

Аспектами децентралізованої енергосистеми є енергетична незалежність (зменшення використання і подальша відмова від викопних джерел енергії), місцеве виробництво (створення багатьох локальних відновлювальних джерел енергії) та зменшення витрат (пасивні будинки).

Отже, на нашу думку, автоматизований модуль моніторингу сонячного випромінювання для приватної сонячної електростанції дасть змогу українцям підтримати перехід до децентралізованої системи енергопостачання і забезпечити себе самостійним, екологічним, комфортним і економним джерелом енергії.

#### 1.4 Сонячна енергетика в приватному секторі

Протягом останнього десятиліття в Україні спостерігається активне використання сонячної енергії для отримання електричного струму. Це пов'язано із впровадженням «Зеленого» тарифу – державної програми закупівлі електроенергії, виробленої альтернативними джерелами, у домоволодінь та приватних підприємств. Однак причина не тільки в цьому.

					КБР.АКІТ.19050029.01.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		12

За останні 5 років ціна на електрику зросла втричі: коли на початку 2015 вартість 1 кіловат/години для населення була близько 31 копійки, то в 2020 – 90 копійок. І це за умови використання до 100 кіловат/годин на місяць. Для приватного будинку вкластися в такий ліміт практично неможливо, адже для забезпечення нормальних побутових умов, крім освітлення і живлення такої техніки, як холодильник, пральна машина, необхідне ще й підключення приладів для забезпечення водопостачання у регіонах без центрального водозабезпечення, а це практично більшість сіл, селищ міського типу та невеликих міст нашої країни.

Насоси і водонагрівачі – важко назвати економними приладами, але обійтися без них складно. Тому й кількість спожитих кіловат/годин більша за встановлений ліміт, а значить і вартість зростає до 1,68 грн за 1 кВт/год.

При цьому електроенергію, вироблену сонячними батареями, встановленими у 2020 році, держава купує у населення приблизно по 4,2 грн (16 євроцентів) за 1 кВт/год.

Таким чином, встановивши сонячну електростанцію у приватному будинку, можна не лише забезпечити себе електрикою, а й отримати додатковий дохід. Однак монтаж домашньої СЕС має багато нюансів, з якими необхідно ознайомитись перед прийняттям рішення про перехід на екологічну енергетику.

Сонячна енергетика в нашій країні нині перебуває на етапі розвитку, однак очевидними є її переваги

Енергія сонця невичерпна, вона не може закінчитися, на відміну від нафти, газу, вугілля, за неї не потрібно платити.

Енергетична незалежність за умови використання СЕС полягає у тому, що власник може не хвилюватися через підвищення тарифів на електрику, а також через те, що в мережі можуть статися перебої в роботі, планові відключення чи аварії. до того ж ставка по «Зеленому» тарифу фіксується у момент підключення і прив'язана до курсу євро.

Зростання вартості домоволодіння за встановлення сонячної станції. У випадку продажу інвестиції в сонячні панелі тільки позитивно відобразяться на ціні будинку та його привабливості на ринку нерухомості.

									Арк
									13
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата	КБР.АКІТ.19050029.01.001 ПЗ				

Можливість заробляти, продаючи державі «зелені» кіловати.

Екологічність, адже отримання електрики від сонця не передбачає шкідливих викидів і забруднення навколишнього середовища.

Автономність роботи – сонячна електростанція не потребує постійного нагляду, лише планове сервісне обслуговування.

Тривалий термін експлуатації без заміни компонентів та незначна ймовірність поломки системи.

Попри всі позитивні якості СЕС, є і недоліки у її використанні

Суттєва вартість обладнання та монтажу системи. Однак, якщо у майбутнього власника станції не вистачає коштів на її встановлення він може розраховувати на банківський кредит. Нині багато українських банків мають спеціальні кредити з мінімальною ставкою на встановлення електростанцій, що працюють від альтернативних джерел. Деякі інсталювальники також мають програми лояльності для клієнтів та надають їм розстрочку. А в низці областей України навіть діють програми, за якими місцева влада частково компенсує витрати на встановлення СЕС.

Нестабільна сонячна активність. В нашій широті сонце найбільш активне влітку, навесні та восени ці показники нижчі та залежать від погодних умов, взимку з геліоактивністю найскладніше, до того ж опади у вигляді снігу можуть перешкоджати потраплянню променів на панелі.

Проблема утилізації обладнання, яке вийшло з ладу зараз є відкритою в Україні, хоч і не нагальною. Нині сонячна енергетика у нас тільки починає розвиватись, тому непрацюючих фотопанелей не так багато, адже їх строк служби понад 20-25 років, але в майбутньому власникам треба буде задумуватись над утилізацією.

Також для встановлення СЕС необхідна площа. В приватних будинках найчастіше використовують дах і проблеми можуть виникнути тільки у випадку, якщо дахове покриття старе та потребує заміни. Монтаж можливий і на присадибній ділянці, якщо для цього вистачить місця.

										Арк
										14
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата	КБР.АКІТ.19050029.01.001 ПЗ					

Світова практика показує, що сонячна енергетика – перспективна сфера, адже наша зірка може забезпечити потреби людства в електриці без забруднення планети, знищення екосистем. Практично кожна країна має доступ до енергії сонця, чого не скажеш про запаси нафти та газу, які невпинно скорочуються з кожним роком.

Для українців користування СЕС – це можливість забезпечувати себе електроенергією та отримати незалежність держави від паливних матеріалів з-за кордону [5].

Які чинники впливають на окупність сонячних батарей?

Для визначення доцільності грошових вкладень на будівництво приватної СЕС, необхідно визначити термін окупності всієї затії. Для початку потрібно зрозуміти скільки електроенергії потенційно зможе зробити електростанція бажаної потужності в рік. Генерація електроенергії залежить від кількох важливих факторів, це:

1. географічне положення СЕС;
2. довжина світлового дня;
3. положення панелі щодо сонця;
4. погода;
5. також необхідно розуміти скільки енергії споживе будинок [20].

									Арк
									15
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата	КБР.АКІТ.19050029.01.001 ПЗ				

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ ТА ПІДБІР КОМПОНЕНТІВ ПРОЕКТОВАНОГО ПРИСТРОЮ

### 2.1 Визначення вимог до пристрою

Створення пристрою включає кілька етапів:

1. Визначення вимоги: почати з установлення вимог до пристрою. Які функції він повинен виконувати? Які обмеження він має? Маємо чітко розуміти, що очікується від пристрою.

2. Аналіз: аналіз потреб і можливостей пристрою. Перегляд альтернатив та оптимальних варіантів пристрою. На цьому етапі можливе використання різних методів проектування, таких як блок-схеми, UML-діаграми, електричні схеми тощо.

3. Вибір компонентів: залежно від необхідних функцій, потрібно вибрати відповідні компоненти. Оцінити характеристики кожного компонента, його вартість і доступність на ринку. Звернути увагу на сумісність між компонентами та їх можливість інтеграції.

4. Складання схеми: важливий етап у процесі розробки де використовуються компоненти або елементи, що потребують взаємного з'єднання. Цей етап передбачає створення графічного зображення, яке ілюструє послідовність з'єднання компонентів, їх взаємодію та функціональні взаємозв'язки.

5. Розробка друкованого макету (РСВ): після визначення електричної схеми та вибору компонентів необхідно створити друкований макет плати (РСВ), на якому будуть розміщені компоненти.

Основною метою проекту є проектування системи моніторингу. Ця система застосовується для полегшення роботи з приватними сонячними електростанціями. Для цього вона повинна виконувати ряд вимог для ефективного

										Арк
										16
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата	КБР.АКІТ.19050029.01.001 ПЗ					

контролю та оптимізації роботи станції. Основні вимоги до такої системи включають:

1. Збір даних: система моніторингу повинна підтримувати постійний збір даних.
2. Візуалізація: система моніторингу повинна мати ефективну візуалізацію, щоб оператори та технічний персонал могли легко спостерігати та аналізувати дані.
3. Визначення оптимального кута налаштування: система моніторингу повинна мати сонячний трекер для визначення оптимального кута налаштування та отримання максимальної сонячної енергії.
4. Надійність: система повинна бути стабільною та надійною, здатною працювати безперебійно протягом тривалого часу.

## 2.2 Аналіз потреб і можливостей пристрою і його аналогів

Автоматизований модуль моніторингу сонячного випромінювання має забезпечувати такі потреби як:

1. Ефективність: повинен бути ефективним у зборі даних.
2. Надійність: повинен бути надійним і витривалим, щоб витримувати вплив погодних умов, таких як вітер, дощ, сніг і сильне сонячне випромінювання. Компоненти системи, включаючи датчик струму, повинні бути довговічними та стійкими до виносу.
3. Енергоефективність: повинна ефективно використовувати енергію для своєї роботи. Датчик струму має споживати мінімальну кількість електроенергії для своєї роботи й водночас забезпечити високу точність вимірювання.

Переглянемо кілька наявних аналогів систем моніторингу сонячних панелей, які допомагають відстежувати їх роботу та виявляти можливі проблеми:

### 1. Сонячний трекер EcoFlowSolarTracker

Перший трекер споживчого класу: помістіть сонячну панель на пристрій, і він обертається і повертається навколо двох осей, щоб постійно визначати

					КБР.АКІТ.19050029.01.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		17

найкращий кут до сонця. Це ідеальне встановлення зарядного пристрою для вашої портативної електростанції.

Макс. розміри панелі 2.4 × 1.1 м, 25 кг.

Макс. опір вітру 50 км/г.

Вбудована батарея NCM, 5000 мА•год, 500 циклів заряду.

Розміри 2500 × 1500 × 1500 мм.

Клас захисту IP54.

Вага 25 кг [13].

## 2. Одновісний трекер "Схід-Захід"

Наземна система інсталяції на бетонний фундамент

Одно опорна конструкція

Для каркасних і без каркасних ФЕМ

Вертикальна орієнтація ФЕМ

Кут нахилу: ± 45 °

Зміна кута нахилу за допомогою одного акту тора

Робоча напруга: 100-260В змінного струму / 50-60 Гц

Матеріали: сталь гарячеоцинкована, алюміній, нержавіюча сталь

Цілодобовий web-моніторинг роботи і технічного стану[14].

3. SolarEdge: SolarEdge є однією з провідних компаній у сфері систем моніторингу сонячних панелей. Вони пропонують моніторинг на основі інвертора, який надає детальну інформацію про продуктивність кожної сонячної панелі, а також має можливості аналізу даних та сповіщень про проблеми [15].

4. EnphaseEnergy: EnphaseEnergy також є провідним постачальником систем моніторингу сонячних панелей. Вони пропонують моніторинг на основі мікріінверторів, які встановлюються на кожну сонячну панель. Це дозволяє отримувати дані про продуктивність кожної панелі окремо та забезпечує більш точний моніторинг системи [16].

5. SMA SolarTechnology: SMA SolarTechnology є ще одним провідним виробником систем моніторингу сонячних панелей. Вони пропонують рішення на основі центрального інвертора, який надає моніторинг продуктивності всієї

										Арк
										18
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата	КБР.АКІТ.19050029.01.001 ПЗ					

сонячної системи. Вони також мають додаткові можливості аналізу даних та сповіщень про проблеми [17].

6. HuaweiFusionSolarSmart PV: HuaweiFusionSolarSmart PV є системою моніторингу сонячних панелей, розробленою компанією Huawei. Вона надає моніторинг продуктивності системи в режимі реального часу, забезпечує аналіз даних та діагностику проблем. Крім того, вона має можливість керування сонячною системою з використанням мобільних пристроїв [18].

Проаналізувавши дані аналогій, дійшли до висновку що всі наявні системи є складними та не економічними. Беручи це до уваги пристрій був розроблений із застосуванням дешевих, простих і надійних компонентів.

### 2.3 Підбір компонентів модуля моніторингу

Цей пристрій використовує систему Arduino для збору, обробки та передачі даних.

Arduino (Ардуіно) — апаратна обчислювальна платформа для аматорського конструювання, основними компонентами якої є плата мікроконтролера з елементами вводу/виводу та середовище розробки Processing/Wiring на мові програмування, що є спрощеною підмножиною C/C++. Arduino може використовуватися як для створення автономних інтерактивних об'єктів, так і підключатися до програмного забезпечення, яке виконується на комп'ютері (наприклад: Processing, Adobe Flash, Max/MSP, Pure Data, Super Collider). Інформація про плату (малюнок друкованої плати, специфікації елементів, програмне забезпечення) знаходяться у відкритому доступі і можуть бути використані тими, хто воліє створювати плати власноруч [6].

Для пристрою було обраний Arduino Uno зображений на рис. 2.1.

Arduino Uno - це одна з найпопулярніших платформ для розробки мікроконтролерних проектів. Вона має простий у використанні інтерфейс, широку спільність користувачів і безліч доступних додатків і бібліотек.

					КБР.АКІТ.19050029.01.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		19

Arduino Uno базується на мікроконтролері ATmega328P і має цифрові та аналогові входи-виходи, які можуть комусь підключатися до різних пристроїв, пристроїв виведення, технічних модулів та інших електронних компонентів. Вона оснащена USB-портом, що дозволяє легко програмувати платформу і взаємодіяти з комп'ютером [11].

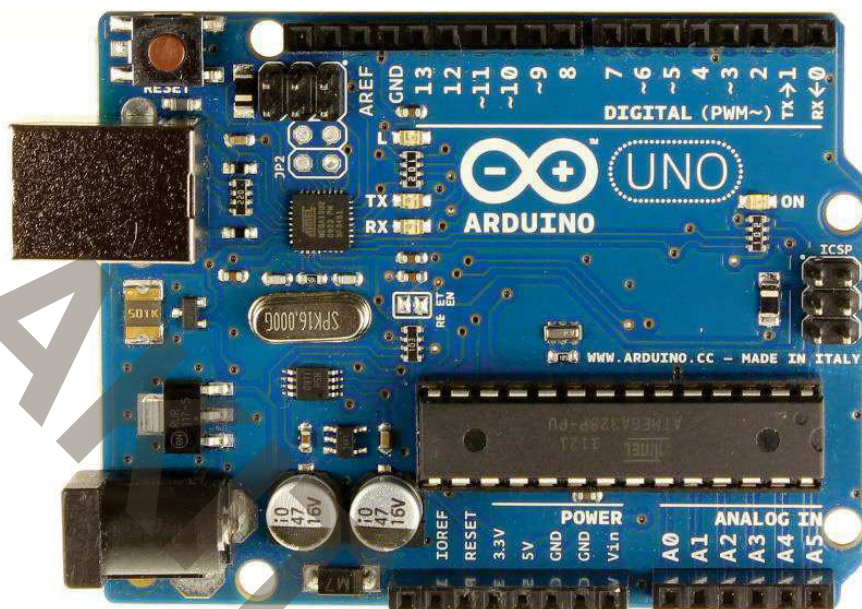


Рисунок 2.1 — мікроконтролер Arduino Uno [23]

Для вимірювання сили струму і навантаження був обраний датчик ACS712 який зображений на рис. 2.2.

ACS712 забезпечує економічні та точні рішення для вимірювання змінного або постійного струму в промислових, комерційних і комунікаційних системах. Комплектація пристрою дозволяє легко реалізувати замовником. Типові області застосування включають керування двигуном, виявлення навантаження та управління ним, джерела живлення в режимі перемикання та захист від перевантаження по струму. Пристрій не призначений для використання в автомобілях.

Пристрій складається з точної лінійної схеми Холла з низьким зміщенням із мідним провідним контуром, розташованим біля поверхні матриці. Прикладений струм, що протікає через цей мідний шлях провідності, створює магнітне поле, яке ІС Холла перетворює на пропорційну напругу.

Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата

Точність оптимізована завдяки тісній близькості магнітного сигналу до датчика Холла. Точна, пропорційна напруга забезпечується мікросхемою Холла BiCMOS з низьким зміщенням, стабілізованою за допомогою чоппера, яка запрограмована на точність після упаковки [7].

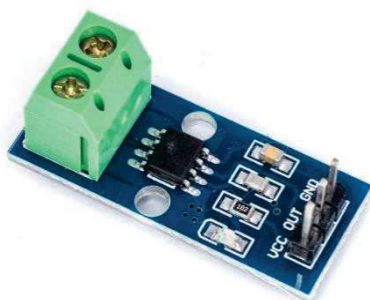


Рисунок 2.2 — датчик ACS712 [24]

Для відстеження руху сонця у роботі використовується сонячний трекер. Запропонований у роботі трекер було розроблено на основі пристрою, що наведено у посилання [8]. При проектуванні трекера було повністю перепрацьовано схему пристрою, його конструкцію, алгоритм роботи та програму для адаптації під задані умови роботи, що були встановлені технічним завданням на кваліфікаційну роботу.

Основним компонентом трекера є одна вісь, навколо якої створюється обертання.

Для забезпечення руху трекера використовується малопотужний серводвигун з редуктором. Цей двигун додатково сигналізує від фоторезисторів і виконує відповідні рухи для підтримки оптимального положення панелей щодо сонця. Редуктор збільшує крутний момент двигуна і забезпечує більш точні рухи трекера.

Два фоторезистори використовують для вимірювання інтенсивності світла. Розташовані на різних частинах трекера, вони реагують на різну кількість світла, що надходить до них. За допомогою цих вимірювань контролер аналізує рівень освітленості та визначає, як панелі потрібно рухатися для найбільш ефективного збору сонячної енергії. Схема сонячного трекера зображена на рис. 2.3.

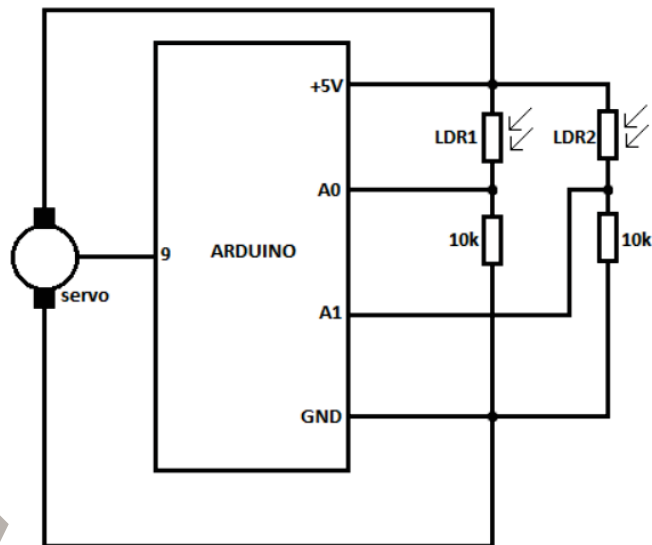


Рисунок 2.3 — Схема сонячного трекеру [25]

Для виведення інформації використаєм LCD QC1602A дисплей, з інтерфейсною шиною I2C зображених на рис. 2.4.

ПК-дисплей QC1602A — це широко використовуваний символний ПК-модуль із 16 стовпцями та 2 рядками. Він заснований на ПК-контролері Hitachi HD44780, який широко підтримується та використовується в різних програмах.

Модуль QC1602A складається з монохромного рідкокристалічного дисплея (LCD) з підсвічуванням. Область відображення може відображати до 16 символів у рядку, а загалом 32 символи. Кожен символ зазвичай складається з 5x8 точок, що дозволяє відображати буквено-цифрові символи, символи та просту графіку.

Модуль також має інтегральну схему (IC), яка служить контролером для LCD. Цей контролер спілкується з мікроконтролером або іншими пристроями за допомогою паралельного інтерфейсу. Він підтримує як 4-бітний, так і 8-бітний режими передачі даних [12].

Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата





Рисунок 2.5 — відсік для 6 батарейок класу AA [27]

Програми які використовувались для розробки проєкту:

1. EasyEDA: для створення електричної схеми і схеми плати.
2. Arduino IDE: для написання коду і його перевірки.
3. Tinkercad: для розробки і симуляції частини коду (за відсутності можливості загрузки сторонніх пристроїв і бібліотек не можлива перевірка роботи всього коду).

Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата

### 3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1 Розробка структурної та електричної принципової схеми пристрою

Прилад проєктується на базі Arduino. До контролера потрібно підключити джерело струму, датчики і дисплей для виведення інформації.

На цьому етапі створюється сама принципова схема. Компоненти розміщуються на схемі і з'єднуються за допомогою ліній, що показують потік сигналу.

Для створення схеми була використана програма EasyEDA

EasyEDA — це веб- набір інструментів EDA , який дозволяє інженерам апаратного забезпечення проєктувати, моделювати, ділитися — публічно та приватно — та обговорювати схеми , моделювання та друковані плати . Інші функції включають створення списку матеріалів , файлів Gerber , а також файлів вибору та розміщення та вихідних документів у форматах PDF, PNG і SVG.

EasyEDA дозволяє створювати та редагувати принципові діаграми, моделювати SPICE змішаних аналогових і цифрових схем, створювати та редагувати макети друкованих плат і, за бажанням, виготовляти друковані плати [9].

					КБР.АКІТ.19050029.01.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		25

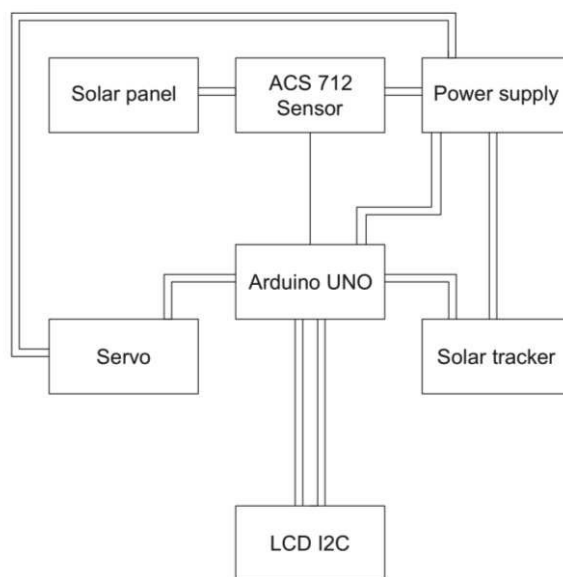


Схема 3.1 — комбінована структурна

Arduino Uno підключається до датчика струму ACS712 за допомогою підключень (піни або проводи). ACS712 слугує для вимірювання струму, що виробляється сонячною панеллю.

Arduino Uno також підключається до сервопривода сонячного трекера, який відповідає за рух сонячного трекера. Підключення до сервопривода здійснюється за допомогою пінів або проводів, які забезпечують керування кутом повороту сервопривода.

Arduino Uno також має здатність підключитися до дисплею з I2C інтерфейсом. Це дозволяє відображати інформацію на дисплеї, таку як дані про вимірювання струму або кут повороту сонячного трекера.

Усі ці пристрої живляться від джерела живлення. Джерело живлення забезпечує необхідну електричну потужність для працездатності всіх пристроїв у системі. Це все зображено на схемі 3.1.

Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата

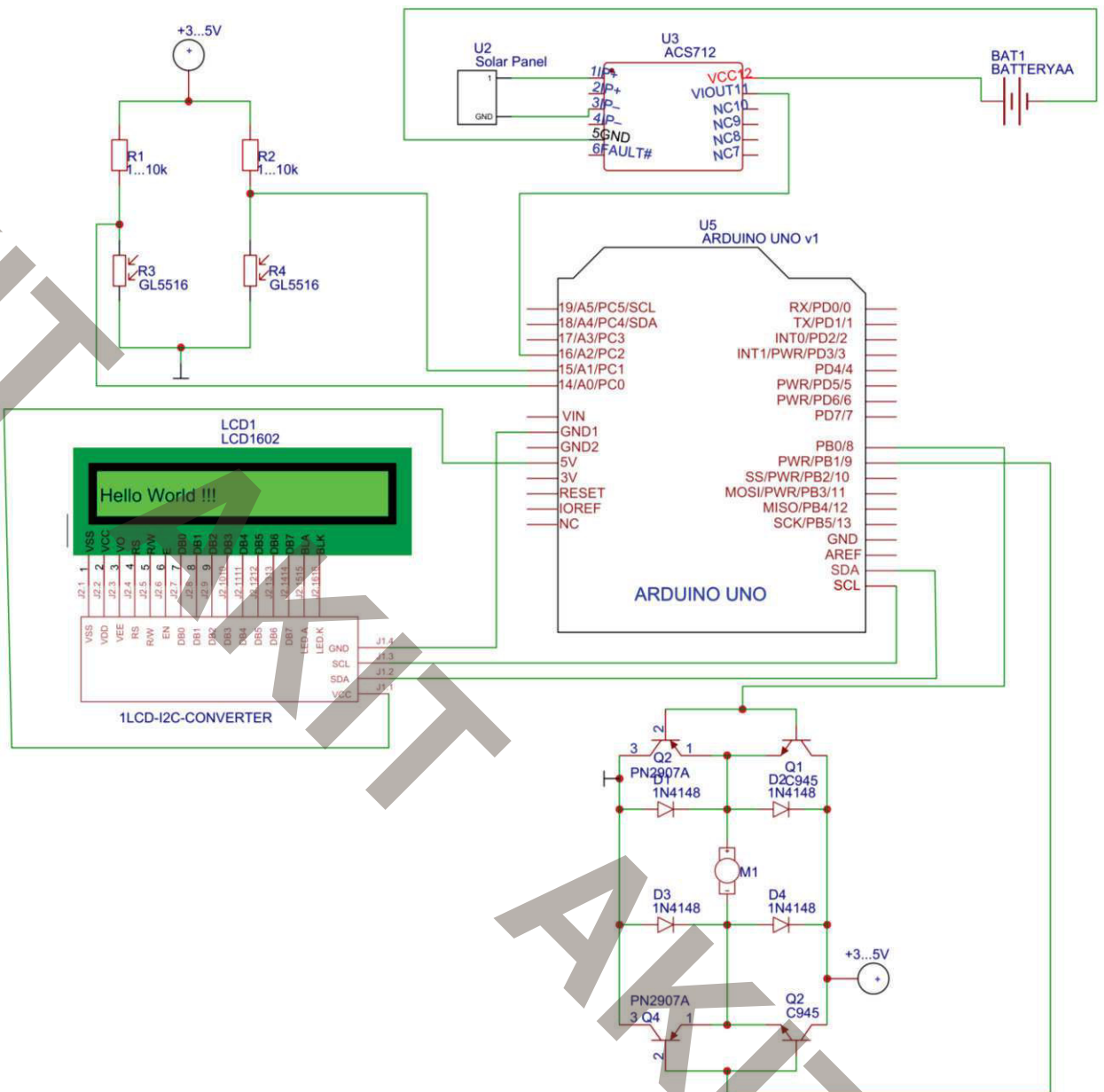


Схема 3.2 — електронна принципова модуля моніторингу

На схемі 3.2 використовувались:

LCD дисплей QC1602A:

Розмір: 16 символів на 2 рядки.

Тип інтерфейсу: I2C (протокол передачі даних через двостороннє з'єднання на основі шини I2C).

Адреса I2C: зазвичай 0x27 або 0x3F (може бути налаштована).

Контрастність: зазвичай не знімається програмно.

Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата

I2C:

I2C (Inter-IntegratedCircuit) - шина для з'єднання мікроконтролерів та інших пристроїв.

Використовується для зв'язку між Arduino Uno та РК-дисплеєм QC1602A.

Дозволяє підключати до 128 пристроїв за одну шину.

Датчик ACS712:

Вимірює струм, що протікає через нього.

Має аналоговий вихід, який можна підключити до аналогового вхідного піна Arduino Uno для отримання значення струму.

Arduino Uno:

Мікроконтролерна платформа зі вбудованим мікроконтролером Atmega328P.

Має цифрові та аналогові вхідні/вихідні піни, які можна використовувати для зчитування даних із сенсорів та керування зовнішніми пристроями.

Використовується для керування сонячним трекером, зчитування даних з датчика ACS712 та відображення інформації на LCD дисплеї QC1602A.

Ця схема дозволяє відстежувати рух сонця, вимірювати струм і відображати інформацію на РК-дисплеї. Arduino Uno використовується для керування всією системою.

Для більш наочного відображення пристрою за допомогою програми EasyEDA була створена схема друкованої плати.

Схема друкованої плати (PCB) використовується для з'єднання компонентів електронної схеми. Вона являє собою фізичну плату з мідними доріжками та отворами, по яким проходять електричні сигнали та з'єднуються компоненти. Схема друкованої плати може бути розроблена за допомогою спеціального програмного забезпечення, яке дозволяє визначити місця для компонентів та стежить за правильним прокладанням електричних шляхів.

За допомогою схеми друкованої плати можна створити функціональні електронні пристрої

Створення схеми друкованої плати в програмі EasyEDA дозволяє візуалізувати архітектуру пристрою, показати зв'язки між компонентами та

									Арк
									28
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата	КБР.АКІТ.19050029.01.001 ПЗ				

проводами, а також виконати перевірку правильності з'єднань і спроектувати оптимальне розміщення компонентів на платі.

Після створення схеми друкованої плати в EasyEDA, ви можете перейти до фази розміщення компонентів на платі та маршрутизації слідів. Це дозволяє вам оптимізувати розміщення компонентів для забезпечення найкращої електричної та механічної продуктивності. Крім того, програма EasyEDA забезпечує можливість перевірки сумісності компонентів та генерації необхідних файлів для виробництва друкованої плати.

Друкована плата і складальне креслення зображені на схемі 3.3 і схемі 3.4.

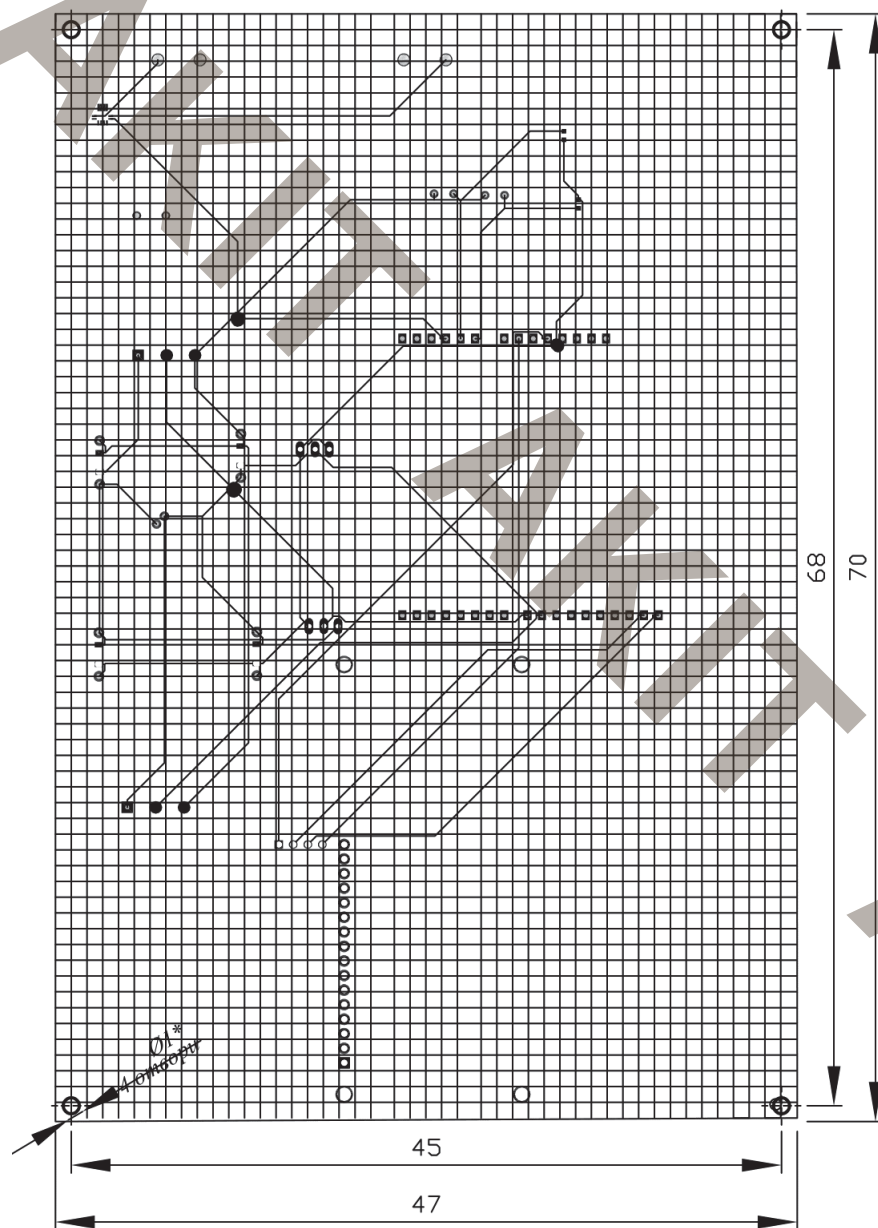


Схема 3.3 — Друкованої плати модуля моніторингу

Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата

КБР.АКІТ.19050029.01.001 ПЗ

Арк

29



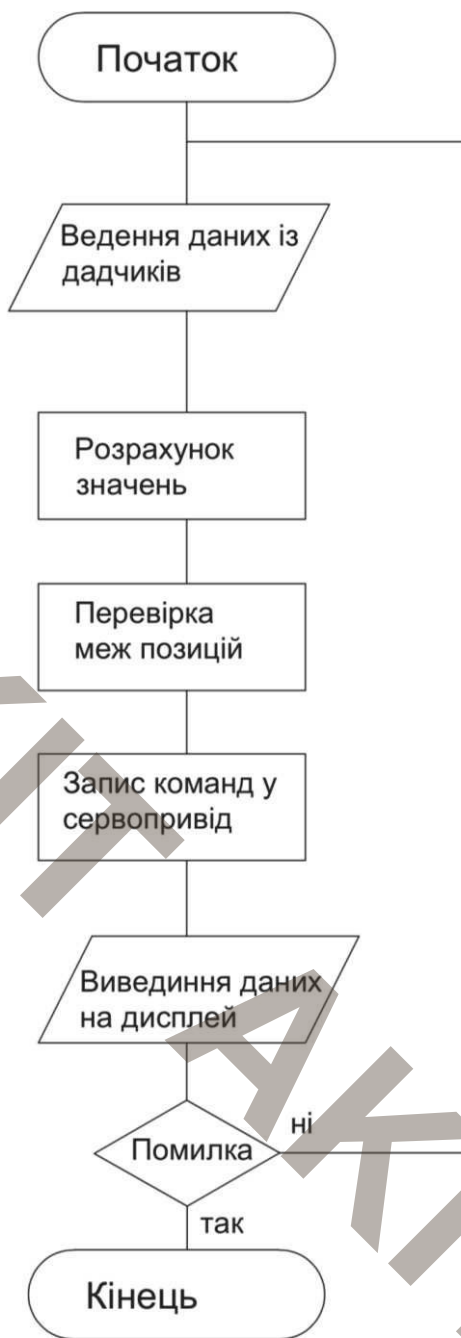


Рисунок 3.4 — Блок схема роботи пристрою

Після створення блок-схеми та впевненості в правильності алгоритму, можемо перейти до написання коду, використовуючи блок-схему як основу.

```

#include<ACS712.h>
LiquidCrystal_I2C lcd_1(0x27,16,2);
#include<servo.h>
//IO Pins
  
```

Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата

```

intpinL = 5; //IO Pin лівого фоторезистора
intpinR = 4; //IO Pin правого фоторезистора
intpinServo = 11; //PWM pin сервопривода
intleftValue = 0; // Значення лівого фоторезистора
intrightValue = 0; //Значення правого фоторезистора
interror =0; // Різниця між показаннями двох датчиків
interrorAVG = 0; //ErrorAverage - Rolling 2 Point
intdeadband = 10; // Мертва зона (захист от джиттера)
//ServoStuff
ServohServo; //servoobject
intPosition = 45; //Positiontowriteout
intminPos = 5; //Min позиція
intmaxPos = 150; //Max позиція
floatoutput = (maxPos - minPos) /2; //InitialoutputPosition
voidsetup()
{
pinMode(A2, INPUT);
lcd_1.begin(16, 2);
pinMode(A0, INPUT);
pinMode(A1, INPUT);
Serial.begin(9600);
hServo.attach(pinServo);
//SetServotoCentreforAlignmentPurpose
Serial.println("Переміщення до початкової позиції ");
hServo.write(minPos);
delay(5000);
Serial.println("Переміщення до кінцевої позиції ");
hServo.write(maxPos);
delay(5000);
Serial.println("Переміщення до середньої точки ");

```

Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата

```

hServo.write(output);
delay(5000);
Serial.println("GoingLive.....");
}
voidloop()
{
  lcd_1.begin(1, 2);
  lcd_1.print(analogRead(A2));
  delay(200);
  lcd_1.begin(2, 1);
  lcd_1.print(analogRead(A1));
  delay(200);
  lcd_1.begin(2, 8);
  lcd_1.print(analogRead(A0));
  delay(200);
  // Читання значень з фоторезисторів
  leftValue = analogRead(pinL);
  rightValue = analogRead(pinR);
  Serial.print("L = "); Serial.print(leftValue); Serial.print(" | ");
  Serial.print("R = "); Serial.print(rightValue); Serial.print(" | ");
  Serial.print("E = "); Serial.print(error); Serial.print(" | ");
  Serial.print("Eavg = "); Serial.print(errorAVG);
  Serial.println();
  // Розрахунок
  error = leftValue - rightValue;
  errorAVG = (errorAVG + error) / 2;
  floatnewOutput = output + getTravel();
  if (newOutput>maxPos)
  {
    Serial.println("AtUpperLimit");
  }
}

```

Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата

```

newOutput = maxPos;
}
else
{
if (newOutput<minPos)
{
Serial.println("AtLowerLimit");
newOutput = minPos;
}
}
Serial.println("Writingoutput");

// Висновок команди управління сервоприводом
hServo.write(newOutput);
output = newOutput;
}
}
intgetTravel()
{
// -1 = Вліво; +1 = Вправо
if (errorAVG< (deadband * -1))
{
return 1;
}
else
{
if (errorAVG>deadband)
{
return -1;
}
}
}

```

Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата

```

else
{
// Нічого не робимо
return 0;
}
}
}
}»

```

Цей код використовує два фоторезистори, підключені до аналогових пінів A0 і A1 плати Arduino. Значення, зчитані з фоторезисторів, мапуються на кути повороту сервоприводів, які встановлюють положення сонячного трекара.

Також цей код містить окремі бібліотеки та оголошує зміни та об'єкти для керування електронними компонентами. Далі він містить функції `setup()` і `loop()`, які є основними функціями в Arduino-програмі.

У функціях `setup()` забезпечуються певні налаштування, наприклад, налаштування пінів, як входів або виходів, ініціалізація РК-дисплея та сервопривода, встановлення початкової позиції сервопривода та ін.

У функції `loop()` виконується основний цикл програми, який повторюється безкінечно. У циклі зчитуються значення параметрів фоторезисторів (підключених до пінів `pinLipinR`), розраховується помилка (`error`) між значеннями лівого і правого фоторезисторів, обчислюється нове положення сервоприводу (`newOutput`) на основі помилки. Далі перевіряється, чи не вийшло нове положення за межі дозволених значень (`maxPos` і `minPos`), і відповідно обмежується. Нарешті, виводиться команда керування сервоприводом за допомогою методу `write()`.

Також у коді присутній метод `getTravel()`, який повертає значення для керування сервоприводом (-1 для руху вліво, +1 для руху вправо) на основі помилки (`errorAVG`) і мертвої зони (`deadband`).

Для створення та налагодження коду використовувалось Arduino IDE. Arduino IDE є офіційним інтегрованим середовищем розробки для Arduino, і воно надає розширені можливості програмування та інструменти для спрощення розробки вбудованого програмного забезпечення.

									Арк
									35
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата	КБР.АКІТ.19050029.01.001 ПЗ				

Користувачі Arduino IDE зазвичай починають зі створення нового проєкту або відкриття існуючого. Вони можуть вибрати тип плати Arduino, з якою працюють, та налаштувати необхідні параметри, такі як швидкість передачі даних через послідовний порт. Після створення проєкту розробник може використовувати Arduino IDE для написання коду на мові програмування C/C++, який буде виконуватися на платі Arduino.

Arduino IDE надає користувачу ряд інструментів для редагування коду, таких як виділення синтаксису, автодоповнення та перевірка на помилки. Розробник може скомпілювати свій код безпосередньо в Arduino IDE, щоб перевірити наявність синтаксичних помилок та виявити можливі проблеми.

Після успішної компіляції коду розробник може завантажити його безпосередньо на плату Arduino за допомогою послідовного з'єднання. Arduino IDE використовується для завантаження скомпільованого коду на плату, і після завантаження коду плата починає виконувати програму.

Arduino IDE також надає можливість моніторингу послідовного порту, що дозволяє розробникові отримувати вивід з плати Arduino або надсилати команди з комп'ютера до плати. Це допомагає відлагоджувати програми та отримувати зворотній зв'язок з платою Arduino.

Основним перевагою використання Arduino IDE є його простота використання та інтеграція з платформою Arduino. Воно забезпечує зручну розробку програмного забезпечення для вбудованих систем та спрощує процес програмування плат Arduino [19].

### 3.3 Аналіз майбутнього розвитку пристрою

Розроблений пристрій можна покращити із застосуванням технології Інтернет речей (Internet of Things, IoT).

					КБР.АКІТ.19050029.01.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		36

За допомогою цієї технології даний пристрій перестане потребувати постійної роботи дисплея і зможе передавати дані користувачу незалежно від того, чи він знаходиться біля пристрою чи ні.

Інтернет речей – це концепція мережі, що складається із взаємозв'язаних фізичних пристроїв, які мають вбудовані давачі, а також програмне забезпечення, що дозволяє здійснювати передачу і обмін даними між фізичним світом і комп'ютерними системами в автоматичному режимі, за допомогою використання стандартних протоколів зв'язку. Окрім давачів, мережа може мати виконавчі пристрої, вбудовані у фізичні об'єкти і пов'язані між собою через дротові чи бездротові мережі. Ці взаємопов'язані пристрої мають можливість зчитування та приведення в дію, функцію програмування та ідентифікації, а також дозволяють виключити необхідність участі людини за рахунок використання інтелектуальних інтерфейсів [10].

Також цей пристрій можна покращити передаючи дані з сонячного трекера напряму до системи управління сонячними панелями, щоб забезпечити оптимальну ефективність сонячної системи. Передача даних з пристрою безпосередньо до системи управління сонячними панелями дозволяє отримати точну й актуальну інформацію про положення Сонця, що дозволяє пристрою точно визначати оптимальну позицію панелей для збору максимальної кількості сонячної енергії.

Це покращення може мати декілька переваг. По-перше, воно дозволяє пристрою оперативно реагувати на зміни положення Сонця, такі як затінення або переміщення хмар. Це допомагає максимізувати виробництво електроенергії, навіть у змінних умовах освітлення.

Крім того, передача даних з пристрою безпосередньо до системи управління сонячними панелями зменшує затримку і спотворення інформації, які можуть виникнути при передачі через проміжний пристрій або мережу. Це дозволяє більш точно і швидко регулювати положення панелей, що в свою чергу збільшує їх ефективність і виробництво енергії.

									Арк
									37
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата					

Завдяки датчику вологості, пристрій зможе адаптувати роботу сонячних панелей до зміни вологості навколишнього середовища. Наприклад, якщо рівень вологості зростає, що може вказувати на хмарність або дощ, система керування може налаштувати сонячні панелі таким чином, щоб забезпечити найбільшу ефективність в умовах обмеженого сонячного випромінювання. З іншого боку, при низькому рівні вологості, що може вказувати на ясну погоду, система може максимально використовувати сонячну енергію, орієнтуючись на максимальний потік сонячного світла.

Додавання датчика вологості до сонячного трекера дозволяє досягти більш точного керування сонячними панелями залежно від умов навколишнього середовища, що в свою чергу підвищує продуктивність та ефективність використання сонячної енергії.

Для досягнення ще більшої ефективності й зручності, можна додати датчик температури. Цей датчик буде вимірювати температуру навколишнього середовища, що дозволить враховувати її вплив на роботу сонячних панелей.

Підключений датчик температури може передавати дані про температуру до контролера. Контролер може аналізувати ці дані та враховувати їх у процесі визначення положення сонячних панелей. Наприклад, якщо температура навколишнього середовища занадто висока, контролер може налаштувати панелі під кутом, який забезпечує кращу вентиляцію і охолодження. Це допомагає панелям підтримувати оптимальну робочу температуру і забезпечує кращу продуктивність.

Також, інформація про температуру може бути використана для моніторингу та аналізу ефективності сонячних панелей при різних температурних умовах. Це дозволяє виробникам та користувачам отримувати більше даних про роботу панелей і вносити відповідні зміни для поліпшення продуктивності.

Пристрій може бути модернізований шляхом додавання додаткових датчиків для вимірювання рівня пилу та ультрафіолетового випромінювання. Ця модернізація дозволить покращити ефективності пристрою та забезпечить додаткову інформацію про навколишнє середовище.

										Арк
										38
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата						

Датчик пилу, розташований на пристрою, матиме за завдання виміряти концентрацію пилових часток у повітрі. Він використовує технологію лазерної дифракції, щоб виявляти та кількісно оцінювати наявність пилу. Ці дані дозволяють визначити, наскільки чистим є повітря навколо трекера, що може вплинути на ефективність сонячних панелей. Зібрані відомості про рівень пилу можуть бути використані для оптимізації роботи системи очищення панелей та збільшення їх продуктивності.

Додавання датчика ультрафіолету застосовується для вимірювання рівня ультрафіолетового (УФ) випромінювання. Це важливо для оцінки рівня ультрафіолетового впливу на сонячні панелі та інші компоненти трекера. Він здатен виявляти навантаження УФ-випромінювання та надсилати дані до системи керування трекером. Ці дані можуть використовуватись для захисту сонячних панелей від шкідливого впливу УФ-променів шляхом налаштування позиції панелей або використання додаткових захисних покриттів.

Загалом, додавання датчиків пилу та ультрафіолету до сонячного трекера дозволяє отримувати цінні дані про довкілля та дозволяє забезпечити оптимальну продуктивність системи. Ці датчики допомагають забезпечити максимальну видачу енергії сонячних панелей, знижуючи вплив пилу та ультрафіолетового випромінювання на їх роботу.

					КБР.АКІТ.19050029.01.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		39

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання бакалаврської роботи було проведено комплексний аналіз структури, перспективи й проблеми сонячної енергетики. Відомо, що сонячна енергетика має значний потенціал як екологічно чисте джерело енергії. Однак проблеми, пов'язані зі змінами в погодних умовах, високими витратами на початкове обладнання та обмеженим зберіганням енергії, потребують додаткових досліджень та вдосконалення.

Виявлені позитивні та негативні риси приватної сонячної електростанції. Позитивними рисами є можливість економії електроенергії, зменшення залежності від комунальних послуг та екологічні переваги. Однак, негативними аспектами можуть бути високі витрати на встановлення сонячної електростанції, складності з підключенням до електричної мережі та обмежені можливості використання в нічний час.

Зроблено підбір компонентів, які будуть входити в модуль. Розроблені схеми пристрою, які дозволяють візуалізувати процес роботи сонячної електростанції та взаємозв'язок між компонентами. Розроблений код дозволяє отримати необхідну інформацію.

Проаналізована перспектива розвитку пристрою з використанням різних наявних датчиків і модулів які в надалі допоможуть модернізувати пристрій і створити оптимальну конструкцію для різних сонячних електростанцій.

Загалом, бакалаврська робота принесла важливий внесок у розуміння сонячної енергетики, а отримані результати можуть послужити основою для подальших досліджень.

					КБР.АКІТ.19050029.01.001 ПЗ	Арк
						40
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ЯКІ БУВАЮТЬ СОНЯЧНІ БАТАРЕЇ. РІЗНОВИДИ І ХАРАКТЕРИСТИКИ - [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://ekotechnik.in.ua/tipy-solnechnyh-batarej>.
2. Як працює сонячна батарея? - [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: [https://sun-energy.com.ua/articles/yak\\_pratsuyut\\_sonyachni\\_paneli](https://sun-energy.com.ua/articles/yak_pratsuyut_sonyachni_paneli).
3. Галузь сонячної енергетики в Україні - [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://www.ueex.com.ua/presscenter/news/galuz-sonyachnoi-energetiki-v-ukraini/>.
4. Сектор відновлюваної енергетики України до, під час та після війни - [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://razumkov.org.ua/statti/sector-vidnovlyuvanoyi-energetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislya-viyny>.
5. Сонячні батареї для приватного будинку: види, доцільність, перелік обладнання, переваги та недоліки - [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://teplosfera.com/sonyachni-batareyi-dlya-pryvatnogo-budynku-vydy-dotsilnist-perelik-obladnannya-perevagy-ta-nedoliky>.
6. Arduino - [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Arduino>.
7. ACS712 Datasheet - [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/428383/ALLEGRO/ACS712.html>.
8. Arduino Solar Tracker with Servo Motor - [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://www.electroschematics.com/arduino-solar-tracker-servo/>.
9. EasyEDA - [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://en.wikipedia.org/wiki/EasyEDA>.
10. Інтернет речей - [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82\\_%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%B9](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82_%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%B9).
11. Arduino Uno - [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Arduino\\_Uno](https://uk.wikipedia.org/wiki/Arduino_Uno).

					КБР.АКІТ.19050029.01.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		41



25 Como construir um seguidor solar caseiro com servo motor e Arduino - [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.portal-energia.com/construir-seguidor-solar-caseiro-servo-motor-controlado-arduino/>

26 LCD дисплей 2x16 з шиною I2C - [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://geekmatic.in.ua/ua/lcd\\_1602\\_i2c](https://geekmatic.in.ua/ua/lcd_1602_i2c)

27 6XAA AA Battery Cell Holder with Wire - [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://makerbazar.in/products/6xaa-aa-battery-cell-holder-with-wire>

АКІТ  
АКІТ  
АКІТ

					КБР.АКІТ.19050029.01.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		43