МІНІСТЕРСТВО ФІНАНСІВ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ПОДАТКОВИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ФІНАНСІВ ТА ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І СИСТЕМ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:

«Розробка системи керування сонячними батареями малогабаритної електростанції на базі Rasberry Pi»

Здобувача вищої освіти першого (бакалаврського) рівня,
4 курсу, групи КБз-19-1, спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»,
освітня програма «Інформаційні управляючі системи і технології (за галузями)»

_____ Михайловина Руслана Івановича
(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові)

Науковий керівник _____ Редич Олександр Володимирович, к.е.н., доцент
(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Керівник освітньо-професійної програми _____ Федотова - Півень Ірина Миколаївна, к.т.н, доцент
(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту за рішенням кафедри
протокол від «01» червня 2023 № 14

Завідувач кафедри _____ Філоненко Михайло Миколайович, к.ф.-м.н., доцент
(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Ірпінь – 2023

Реєстрація № 39 07.06.2023 _____
(дата) (підпис відповідальної особи)

Результати перевірки до захисту 01.06.2023 _____
(до захисту, на доопрацювання) (дата) (підпис)

Результат захисту 4 (добре) 16.06.2023 _____
(оцінка) (дата) (підпис)

Голова комісії: _____ В.М. Франчук
(підпис)

Члени комісії: _____ М.М. Філоненко
(підпис)

_____ В.О. Ніжегородцев
(підпис)

_____ Є.В. Котух
(підпис)

БЛАНК ОЦІНЮВАННЯ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ

Об'єкти контролю	Діапазон оцінки в балах	Фактична кількість балів	Примітки	Дата, П.І.Б.: керівника, голови комісії членів комісії,секретаря, (підписи)
ОЦІНЮВАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ КОМІСІЄЮ ПО ЗАХИСТУ				
1. Зміст випускної роботи (якість теоретичного матеріалу, його зв'язок з практичним, вміння представляти матеріал в логічній послідовності, наявність висновків та пропозицій)	від 0 до 30	26		16.06.2023 Франчук В.М. Філоненко М.М Ніжегородцев В. О. Котух Є.В. Суховецька Л.П.
2. Дотримання вимог щодо оформлення	від 0 до 10	7		
3. Вчасне виконання роботи на всіх етапах у встановлені кафедрою терміни	від 0 до 5	4		
4. Рецензент	від 0 до 5	4		
РАЗОМ БАЛІВ	від 0 до 50	41		

Оцінювання кваліфікаційної роботи науковим керівником - 39 балів.

ПЕРЕВЕДЕННЯ ОЦІНКИ ЗА 100-БАЛЬНОЮ ШКАЛОЮ ДО НАЦІОНАЛЬНОЇ ШКАЛИ ТА ШКАЛИ ЄКТС

Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка за шкалоюЄКТС	Оцінка за національною шкалою	Дата	П.І.Б.: голови, членів комісії, секретаря, (підпис)
80	B	4 (добре)	16.06.2023	Франчук В.М. Філоненко М.М Ніжегородцев В. О. Котух Є.В. Суховецька Л.П.

ПРАВИЛА ПЕРЕВЕДЕННЯ ОЦІНОК ДО НАЦІОНАЛЬНОЇ ШКАЛИ ТА ШКАЛИ ЄКТС

Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка за шкалою ЄКТС	Оцінка за національною шкалою
90-100	A	5 (відмінно)
80-89	B	4 (добре)
70-79	C	
60-69	D	3 (задовільно)
50-59	E	
35-49	FX	2 (незадовільно)

Факультет фінансів та цифрових технологій
Кафедра комп'ютерних та інформаційних технологій і систем
Галузь знань: 12 «Інформаційні технології»
Спеціальність: 122 «Комп'ютерні науки»
Освітня програма: «Інформаційні управляючі системи і технології (за галу

Зат
В.о. завідувача
М.М. Ф
«20» 11

Завдання на кваліфікаційну роботу
здобувачу вищої освіти

Михайловину Руслану Івановичу

1. Тема дипломної роботи
«Розробка системи керування сонячними батареями малогабари
електростанції на базі Rasberry Pi»
Затверджена наказом ректора від *«15» листопада 2022 № 1205 (з*
наказ від «04» квітня 2023 № 361)
2. **Строк здачі закінченої роботи** *«01» червня 2023*
3. **Мета роботи:** *розробка та реалізація системи керування, яка б забе*
оптимальне використання та контроль роботи сонячних батарей
Об'єкт дослідження: *системи керування та оптимального використання*
енергії
Предмет дослідження: *системи управління на основі Raspberry Pi*
Вихідні дані до роботи *існуючі системи управління сонячними батареями*
Предмет дослідження: *технології інтернету речей для розумного середов*
4. **Перелік графічного матеріалу**: *рисунки та графіки, формули, що поя*
суть застосованих методів та засобів. Структурні схеми та таблиці, гр
результатів моделювання.
5. **Зміст випускної кваліфікаційної (дипломної) роботи (перелік пита**
кожним розділом) :
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ
1.1. Опис принципів роботи сонячних батарей та їх використання в
електростанціях
1.2. Огляд пристроїв Raspberry PI та їх можливостей у керуванні сонячни
батареями
1.3. Опис протоколів комунікації, що використовуються в системах ке
сонячними батареями
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ВИМОГ ДО СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СОНЯЧНИМИ
БАТАРЕЯМИ
2.1. Функціональні та нефункціональні вимоги до системи
2.2. Аналіз та проектування системи керування сонячними батареями на
rasberry pi

2.3. Аналіз можливостей пристроїв raspberry pi для реалізації вимог
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СОНЯЧНИМИ БАТАРЕЯМИ
3.1. Розробка схеми та налаштування пристроїв системи
3.2. Розробка системи

6. Календарний план виконання роботи

№ п/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної (дипломної)роботи	Строк виконання етапів роботи	
		За планом	Фактично
1	2	3	4
1	Вибір теми, підбір літературних джерел, формування структури ДР	До 15.11.2022	«15» 11 2022 р.
2	**І розділ** (розкрити сутність і стан дослідження наукової проблематики роботи, після чого навести її загальну характеристику; огляд літератури за темою і вибір конкретних напрямів досліджень)	06.02.2023	«06» 02 2023 р.
3	**ІІ розділ** (аналіз експериментальної частини про і методики досліджень)	31.03.2023	«31» 03 2023 р.
4	**ІІІ розділ** (проведені теоретичні і (або) експериментальні дослідження та проектні рішення)	10.05.2023	«10» 05 2023 р.
5	**Висновки**	20.05.2023	«20» 05 2023 р.
6	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень наукового керівника	26.05.2023	«26» 05 2023 р.
7	Отримання відгуку керівника	08.06.2023	«08» 06 2023 р.
8	Отримання зовнішньої рецензії	11.06.2023	«11» 06 2023 р.

Дата видачі завдання *« 20 » листопада 2022 р.*

Керівник дипломної роботи _____ О.В. Редич
(підпис)

Керівник освітньо-професійної програми _____ І.М. Федотова
(підпис)

Завдання до виконання отримав здобувач вищої освіти _____ Р. І. Михайловин
(підпис)

АНОТАЦІЯ

Розробка системи керування сонячними батареями малогабаритної електростанції на базі Rasberry Pi

Метою дипломної роботи є розробка системи керування сонячними батареями малогабаритної електростанції на базі Raspberry Pi.

Завданням дипломної роботи є аналіз потреб і вимог до системи керування сонячними батареями, проектування апаратної та програмної частин системи, розробка алгоритмів управління та оптимізації, інтеграція з сонячними панелями і електромережею, тестування та налагодження системи.

Предметом дослідження є розробка технологій і методів, що дозволяють створювати ефективну систему керування сонячними батареями. Це включає дослідження архітектури системи, розробку програмного забезпечення для контролю і управління батареями.

Об'єктом дослідження виступає малогабаритна сонячна електростанція зі сонячними батареями. Дослідження буде здійснюватись на основі аналізу параметрів системи, вимог до енергетичного балансу, моніторингу енергопотреби та оптимізації використання сонячної енергії.

Отримані результати дослідження можуть бути використані для розробки та впровадження системи керування сонячними батареями малогабаритної електростанції. Розроблена система має включати модуль моніторингу стану батарей, алгоритми оптимізації заряду та розряду, інтерфейс для користувача для налаштування параметрів системи.

Кваліфікаційна робота містить 55 сторінок, 13 рисунків, список використаних джерел 40 найменувань.

Ключові слова: сонячні батареї, Raspberry Pi, розробка системи керування.

Рік виконання кваліфікаційної роботи: 2023 р.

Рік захисту роботи: 2023 р.

ANNOTATION

Development of a Solar Battery Management System for a Compact Power Station based on Raspberry Pi

The aim of this diploma project is to develop a solar battery management system for a compact power station based on Raspberry Pi. The tasks of the project include analyzing the needs and requirements of the solar battery management system, designing the hardware and software components of the system, developing control and optimization algorithms, integrating with solar panels and the power grid, as well as testing and debugging the system.

The subject of the research is the development of technologies and methods that enable the creation of an efficient solar battery management system. This involves studying the system architecture and developing software for battery monitoring and control.

The object of the research is a compact solar power station with solar batteries. The research will be conducted based on the analysis of system parameters, energy balance requirements, energy consumption monitoring, and optimization of solar energy utilization.

The obtained research results can be used for the development and implementation of a solar battery management system for a compact power station. The developed system should include a battery status monitoring module, charge and discharge optimization algorithms, and a user interface for system parameter configuration.

The qualification work consists of 55 pages, 13 figures, and a list of 40 references.

Keywords: solar batteries, Raspberry Pi, system development.

Year of completion: 2023

Year of thesis defense: 2023

ЗМІСТ

ВСТУП 3
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ 6
1.1. Опис принципів роботи сонячних батарей та їх використання в електростанціях 6
1.2. Огляд пристроїв Raspberry PI та їх можливостей у керуванні сонячними батареями 11
1.3. Опис протоколів комунікації, що використовуються в системах керування сонячними батареями 15
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ВИМОГ ДО СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СОНЯЧНИМИ БАТАРЕЯМИ 19
2.1. Функціональні та нефункціональні вимоги до системи 19
2.2. Аналіз та проектування системи керування сонячними батареями на базі rasberry pi 21
2.3. Аналіз можливостей пристроїв raspberry pi для реалізації вимог 25
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СОНЯЧНИМИ БАТАРЕЯМИ 31
3.1. Розробка схеми та налаштування пристроїв системи 31
3.1.1. Розробка схеми 31
3.1.2. Вибір протоколів комунцікації. 32
3.1.3. Налаштування пристроїв 33
3.2. Розробка системи. 36
ВИСНОВОК 43
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 44

ВСТУП

У сучасних умовах зростаючих енергетичних потреб людства та розвитку альтернативних джерел енергії, сонячна енергія займає особливе місце. Сонячні батареї стали важливим компонентом в системах енергопостачання, забезпечуючи стабільний та екологічно чистий джерело електроенергії.

Актуальність теми. Завдяки широкому застосуванню сонячних батарей, особливо в малогабаритних електростанціях, виникає потреба в ефективних та автоматизованих системах керування, які б дозволяли оптимізувати процес генерації та використання сонячної енергії. Таким чином, розробка системи керування сонячними батареями малогабаритної електростанції на базі Raspberry Pi є актуальною та перспективною задачею, що вирішує важливі проблеми сучасного енергетичного сектору. Ця робота сприятиме подальшому розвитку та впровадженню сонячної енергії як стабільного та екологічно чистого джерела електроенергії.

Метою цієї роботи є розробка та реалізація системи керування, яка б забезпечувала оптимальне використання сонячної енергії, забезпечувала моніторинг та контроль роботи сонячних батарей, а також надавала можливість віддаленого керування електростанцією.

Об'єкт дослідження: системи керування пристроями управління та оптимального використання сонячної енергії.

Предмет дослідження: системи управління на основі Raspberry Pi.

Система буде здатна враховувати змінні параметри, такі як сонячна активність, потужність навантаження та рівень заряду акумуляторів, що дозволяють досягнення максимальної ефективності та економії енергії. Основна унікальність даної роботи полягає в поєднанні сучасних технологій сонячної енергії з потужними можливостями Raspberry Pi. Використання Raspberry Pi як центрального управлінського пристрою дозволяє створити компактну та доступну систему керування, яка забезпечує моніторинг та оптимізацію роботи сонячних батарей.

Очікується, що розроблена система керування зможе автоматично визначати оптимальний режим роботи сонячних батарей в залежності від вхідних параметрів, забезпечуючи максимальну ефективність та довговічність батарей. Крім того, можливість віддаленого керування електростанцією дозволить користувачам контролювати та налаштовувати систему віддалено, що забезпечить зручність та гнучкість у використанні.

Основними завданнями є дослідження є вивчення сучасних методів керування сонячними батареями, розробка програмного забезпечення для Raspberry Pi, інтеграція датчиків та пристроїв моніторингу, а також тестування та оцінка ефективності розробленої системи.

Практична значимість отриманих результатів полягає в комбінації передових технологій з використанням Raspberry Pi для створення ефективної системи керування сонячними батареями малогабаритної електростанції. Очікується, що результати цієї роботи можуть стати основою реального рішення у сфері використання сонячної енергії та підвищенню його ефективності. Розроблена система керування може мати широкий спектр застосувань, включаючи житлові будинки, комерційні споруди, сільськогосподарські об'єкти та інші малогабаритні електростанції.

Завершення даної дипломної роботи як завершеного продукту вимагає проведення додаткових експериментів та тестувань, а також аналізу отриманих результатів. Однак, засновуючись на попередніх дослідженнях та аналізі, можна стверджувати, що розроблена система керування сон ячними батареями на базі Raspberry Pi має потенціал стати ефективним інструментом для оптимізації використання сонячної енергії та покращення енергетичної продуктивності малогабаритних електростанцій. Ця розробка може мати значний вплив на сферу енергетики, сприяючи зменшенню залежності від традиційних джерел енергії та зниженню викидів шкідливих речовин до навколишнього середовища.

Очікується, що результати даної роботи сприятимуть покращенню стандартів управління сонячними батареями та допоможуть енергетичній галузі перейти до більш стабільних, екологічно чистих та ефективних джерел енергії.

Особистий внесок автора: здійснена розробка системи керування сонячними батареями малогабаритної електростанції на базі Raspberry Pi. Ця система зможе бути корисною у вирішенні проблем оптимального використання сонячної енергії та забезпеченння ефективного функціонування електростанції. Вона підвищить надійність та продуктивність сонячних батарей, забезпечуючи стале енергопостачання.

Розробка системи керування сонячними батареями малогабаритної електростанції на базі Raspberry Pi є актуальним та перспективним напрямком досліджень. Вона відповідає сучасним вимогам сталого розвитку та раціонального використання енергетичних ресурсів. Результати цієї роботи можуть бути корисні для енергетичних компаній, виробників

сонячних батарей, а також дослідників та розробників у сфері альтернативних джерел енергії.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Опис принципів роботи сонячних батарей та їх використання в електростанціях

Сонячні батареї є ключовим елементом сонячних електростанцій і забезпечують претворення сонячної енергії в електричну енергію. Основним компонентом сонячної батареї є фотоелектричні сонячні елементи, які використовують напівпровідникові матеріали для збору та випромінювання фотонів світла.

Принцип роботи сонячних батарей базується на явищі фотоефекту. Коли фотони світла падають на поверхню фотоелектричного матеріалу, енергія фотонів передається електронам у матеріалі, що призводить до виникнення електричного струму. Фотоелектричні матеріали, найчастіше використовувані у сонячних батареях, включають кристалічний кремній та різні типи тонкоплівкових матеріалів.

У сонячних електростанціях, сонячні батареї збирають сонячну енергію та генерують постійний струм. Кілька сонячних батарей зазвичай з'єднуються в масиви або модулі, щоб отримати більшу потужність. Сонячні модулі з'єднуються в електричну мережу, де вони можуть бути використані для безпосереднього використання електроенергії або збережені в акумуляторах для подальшого використання в періоди недостатньої сонячної активності.

Використання сонячних батарей у електростанціях має численні переваги. Перш за все, сонячна енергія є безкоштовною та необмеженою ресурсом, що дозволяє зменшити залежність від традиційних джерел енергії, таких як вуглецеві палива. Використання сонячних батарей також сприяє зменшенню викидів шкідливих газів та негативного впливу на навколишнє середовище.

Сонячні електростанції з сонячними батареями можуть бути встановлені в різних місцях, включаючи житлові будинки, комерційні споруди, сільські та віддалені райони. Вони є гнучкими і масштабованими системами, що дозволяють налаштовувати їх розмір та потужність залежно від потреб користувача.

Одним із ключових викликів при використанні сонячних батарей є оптимальне використання сонячної енергії. Це вимагає розробки ефективних систем керування, які б забезпечували максимальний збір сонячної енергії та оптимізували її використання відповідно до змінних параметрів, таких як сонячна активність та потужність навантаження. В цьому контексті розробка системи керування сонячними батареями на базі Raspberry Pi

має великий потенціал для автоматизації та оптимізації процесу генерації та використання сонячної енергії[3].

У цій дипломній роботі будуть досліджені та розроблені принципи керування сонячними батареями з використанням Raspberry Pi. Система керування буде враховувати змінні параметри, такі як сонячна активність, потужність навантаження та рівень заряду акумуляторів, забезпечуючи оптимальне використання сонячної енергії та максимальну продуктивність електростанції. Крім того, буде реалізована можливість моніторингу та контролю роботи сонячних батарей. Це дозволить операторам системи в режимі реального часу відстежувати стан батарей, виявляти можливі несправності або відхилення, а також приймати вчасні рішення для підтримання оптимального функціонування електростанції. Однією з ключових особливостей розроблюваної системи керування є її здатність до віддаленого керування електростанцією. Завдяки з'єднанню Raspberry Pi з мережею Інтернет, оператори зможуть контролювати та керувати електростанцією з будь-якого місця, що забезпечить зручність та ефективність управління системою.

Ця дипломна робота ставить перед собою завдання розробити та реалізувати систему керування сонячними батареями на базі Raspberry Pi з метою забезпечення оптимального використання сонячної енергії, моніторингу та контролю роботи батарей, а також віддаленого керування електростанцією. Дослідження та розробка в цій області є актуальними, оскільки дозволяють покращити ефективність.

Крім основних принципів роботи сонячних батарей, важливо також звернути увагу на унікальність системи. Унікальність може відноситися до різних аспектів сонячних батарей та їх використання в електростанціях. Деякі можливі аспекти, які можуть забезпечити високу унікальність системи, включають:

- Використання високоефективних сонячних модулів: Вибір сонячних модулів з високою коефіцієнтом перетворення та високою ефективністю дозволяє забезпечити більшу потужність генерації електричної енергії з обмеженої площі сонячних панелей.
- Використання передових технологій у сонячних батареях: Дослідження та впровадження новітніх технологій, таких як тонкі плівки, перовскітові сонячні елементи, концентратори сонячного світла тощо, можуть покращити ефективність сонячних батарей та забезпечити високу унікальність системи.

- Інтеграція з системами зберігання енергії: Додавання систем зберігання енергії, таких як акумулятори, дозволяє зберігати надлишкову енергію, вироблену сонячними батареями, для використання в періоди недостатнього сонячного випромінювання. Це підвищує надійність та стабільність електростанції та забезпечує більш ефективне використання соняч ної енергії.

- Інтелектуальне керування та оптимізація: Використання алгоритмів та систем інтелектуального керування дозволяє оптимізувати роботу сонячних батарей з урахуванням змінних факторів, таких як погода, час доби, потужність навантаження тощо. Це допомагає максимізувати виробництво електроенергії та підвищує ефективність системи.

- Інтеграція з електричною мережею: Підключення сонячних електростанцій до грід-інтерфейсу дозволяє забезпечити двосторонній обмін електроенергією з мережею. В такому режимі сонячна електростанція може надлишкову енергію, яку вона не використовує, передавати до мережі, отримуючи винагороду за це, а в періоди недостатньої сонячної активності може отримувати електроенергію з мережі.

Використання сонячних батарей є економічно вигідним рішенням на довгострокову перспективу, оскільки покупка дорогого обладнання в компенсується можливістю отримувати безкоштовну електроенергію. Крім того, важливо зазначити, що сонячні батареї є екологічно чистим джерелом енергії, що відіграє значну роль у збереженні навколишнього середовища.

За останні роки ціни на фотоелектричні панелі значно знизилися, а цей тренд продовжується, що свідчить про великі перспективи при їх використанні. У класичному вигляді, система сонячної енергії складається з кількох ключових компонентів: сонячної панелі (батареї), що генерує постійний струм, акумулятора з пристроєм контролю заряду та інвертора, який перетворює постійний струм на змінний, який може бути використаний для різних потреб.

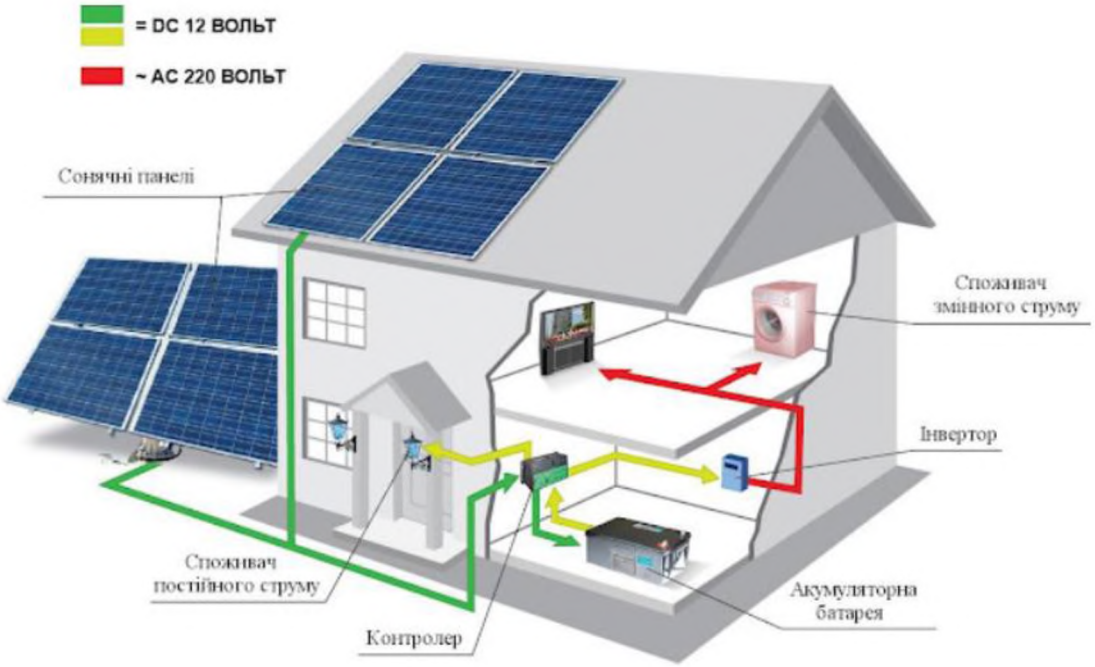


Рис 1.1 Принцип роботи сонячних батарей

Сонячні батареї складаються з набору фотоелектричних перетворювачів, які преобразовують сонячну енергію в електричну форму. Більшість фотоелектричних перетворювачів виготовляються з високоцінного матеріалу - кремнію, що призводить до підвищення вартості сонячних батарей. Це має прямий вплив на вартість виробленої електроенергії, яка виявляється високою при використанні сонячних батарей.

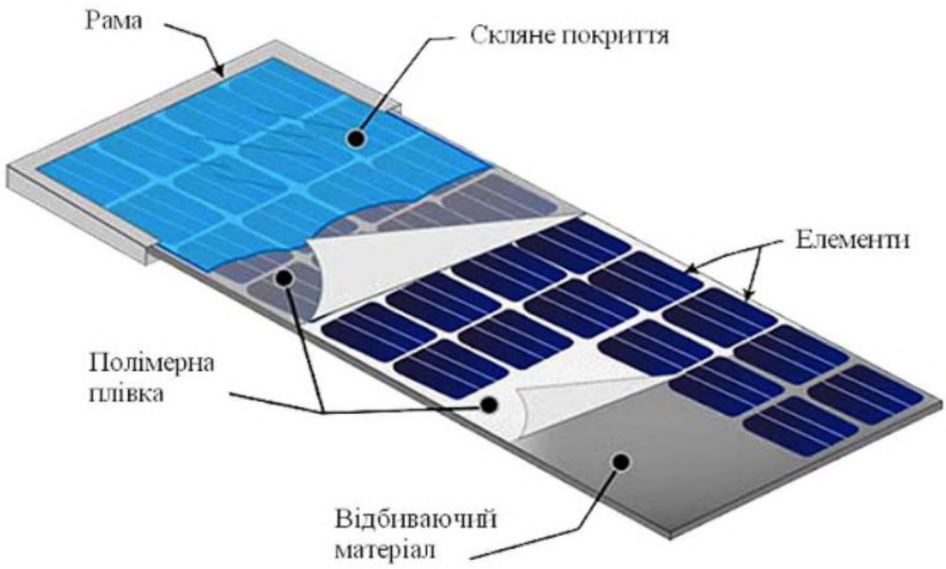


Рис 1.2. Склад сонячної батареї

Електрична енергія, яка отримується від сонячних батарей, зберігається у акумуляторах і подалі надається до електричних навантажень. Акумулятори виступають як хімічні джерела струму, які заряджаються, коли до них підключається потенціал, що перевищує напругу акумулятора. Кількість сонячних елементів, що з'єднуються послідовно

або паралельно, повинна бути такою, щоб робоча напруга відповідала напрузі акумулятора з урахуванням падіння напруги і трохи перевищувала його, а навантажувальний струм батареї забезпечував необхідний зарядний струм. Наприклад, для зарядки свинцевої акумуляторної батареї 12 В потрібно мати сонячну батарею, що складається з 36 елементів. У випадку слабкого сонячного світла заряд акумуляторної батареї зменшується, і батарея постійно функціонує в режимі розряду та заряду. Цей процес контролюється спеціальним контролером. При циклічному заряді необхідна постійна напруга або струм заряду. За умови достатньої освітленості акумуляторна батарея швидко заряджається до 90% своєї номінальної ємності, а потім заряд здійснюється повільніше. Перехід на повільний режим заряду контролюється зарядним пристроєм. Найбільш ефективними є гелеві або свинцеві акумулятори, виготовлені за AGM-технологією, які не потребують спеціальних умов монтажу та обслуговування.

1.2. Огляд пристроїв Raspberry PI та їх можливостей у керуванні сонячними батареями

Raspberry Pi - це серія одноплатних комп'ютерів з відкритим кодом, які мають низьку вартість, компактні розміри і низьку споживану потужність. Вони базуються на ARM-процесорах і мають різні моделі з різними характеристиками. Raspberry Pi є досить популярними серед громадськості, галузей розробки, освіти та домашніх проектів.

- Управління сонячними батареями використовуючи Raspberry Pi має кілька переваг та можливостей:

- Керування та моніторинг: Raspberry Pi може бути використаний для збору та аналізу даних про потужність генерації сонячної енергії, рівень заряду батарей, температуру та інші параметри. Це дозволяє операторам системи моніторити та керувати електростанцією зручним способом.

- Автоматизація: Raspberry Pi забезпечує потужність обчислень і може використовуватись для розробки алгоритмів керування сонячними батареями. Це дозволяє автоматизувати процеси заряду та розряду батарей, оптимізувати використання сонячної енергії і забезпечити ефективніше використання ресурсів.

- Віддалений доступ та керування: Raspberry Pi може бути підключений до мережі Інтернет, що дозволяє операторам віддалено моніторити та керувати системою сонячних батарей. Це дає можливість оперативно реагувати на зміни у режимі роботи системи, встановлюв ти нові параметри та виконувати необхідні дії для оптимального функціонування.

- Інтеграція з іншими пристроями: Raspberry Pi має різні роз'єми та інтерфейси, що дозволяє забезпечити зв'язок та інтеграцію з іншими пристроями. Наприклад, він може бути підключений до сонячних контролерів заряду, інверторів або інших елементів системи, що дозволяє здійснювати обмін даними та керувати їх роботою.

- Розширюваність: Raspberry Pi має можливість розширення за допомогою різноманітних модулів та додаткових пристроїв. Наприклад, можна підключити сенсори для збору додаткової інформації про навколишнє середовище або модулі зв'язку для отримання даних з віддалених джерел.

- Простота програмування: Raspberry Pi підтримує різні мови програмування, такі як Python, C++, Java та інші, що робить його досить доступним для розробки власних програм та алгоритмів керування.

- Налаштування енергозбереження: Raspberry Pi має можливість налаштування режимів енергозбереження, що дозволяє оптимізувати споживання енергії пристроєм і підвищити тривалість його автономної роботи[7].

Загалом, використання пристроїв Raspberry Pi у керуванні сонячними батареями надає широкі можливості для автоматизації, моніторингу та оптимізації роботи системи. Їх висока гнучкість, доступність та здатність до розширення роблять їх привабливим вибором для розробки інноваційних та ефективних рішень у галузі сонячної енергетики. Використання Raspberry Pi дозволяє забезпечити автоматичне керування сонячними батареями, оптимізувати їх роботу та забезпечити ефективне використання сонячної енергії.

Наприклад, за допомогою Raspberry Pi можна реалізувати такі функції:

1. Моніторинг та контроль: Raspberry Pi може бути підключений до датчиків, які зчитують дані про рівень заряду батареї, сонячну радіацію, температуру та інші параметри. Зібрані дані можуть бути оброблені і використані для контролю за роботою сонячних батарей, виявлення несправностей або нерегулярностей.
2. Регулювання заряду: Raspberry Pi може керувати процесом заряду сонячних батарей. За допомогою алгоритмів керування, встановлених на Raspberry Pi, можна оптимізувати режим заряду, забезпечити максимальний використання сонячної енергії та продовжити термін служби батарей.
3. Керування резервним живленням: В разі відключення основного джерела живлення, Raspberry Pi може керувати переключенням на резервне джерело, таке як сонячна батарея. Це дозволяє забезпечити неперервне живлення в разі виникнення аварійних ситуацій або відключення мережі електропостачання.
4. Віддалений доступ та керування: Raspberry Pi можна підключити до мережі Інтернет, що дозволяє операторам системи отримувати віддалений доступ до пристрою та керувати ним віддалено. Це надає можливість контролювати та керувати системою сонячних батарей з будь-якого місця, що забезпечує зручність в експлуатації та швидку реакцію на зміни у роботі системи.

5. Інтеграція з іншими системами: Raspberry Pi може бути використаний для інтеграції з іншими системами керування, такими як системи моніторингу, домашньої автоматизації або системи керування електропостачанням. Це дозволяє створити комплексну систему, яка забезпечує повне управління сонячними батареями та їх інтеграцію з іншими аспектами енергетичної системи.

6. Розробка власних програм та розширень: Raspberry Pi надає розробникам можливість створювати власні програми та розширення для реалізації конкретних функцій або адаптації системи до власних потреб. Це дає багато гнучкості та можливостей для налаштування системи керування сонячними батареями під конкретні вимоги та умови [9].

Важливо відзначити, що Raspberry Pi має широкий вибір моделей, які можуть бути використані у системах керування сонячними батареями. Пристрої Raspberry Pi працюють на базі операційної системи Linux, що забезпечує стабільність та надійність роботи.

Однією з ключових переваг Raspberry Pi є його розширюваність. Він має різноманітні порти та роз'єми, такі як GPIO (загального призначення вводу-виводу), USB, Ethernet, HDMI, а також можливість підключення модулів розширення. Це дозволяє підключати різні сенсори, актуатори та інші пристрої, що розширюють функціональні можливості системи керування сонячними батареями.

Крім того, Raspberry Pi має потужність обчислення, достатню для виконання складних алгоритмів керування та обробки даних. Це дозволяє реалізувати розумні алгоритми керування, які враховують змінні параметри, такі як сонячна активність, потужність навантаження та рівень заряду акумуляторів, для досягнення оптимального використання сонячної енергії.

Крім того, Raspberry Pi має широку спільноту розробників, яка активно підтримує цей пристрій. Це означає, що є велика кількість доступних ресурсів, документації, бібліотек та форумів, де можна знайти допомогу та поради щодо реалізації системи керування сонячними батареями на базі Raspberry Pi.

Узагальнюючи, Raspberry Pi є потужним, гнучким та доступним пристроєм, який відкриває широкі можливості для реалізації систем керування сонячними батареями. Використання пристроїв Raspberry Pi у керуванні сонячними електростанціями має декілька переваг:

Гнучкість: Raspberry Pi дозволяє налаштувати та програмувати систему керування згідно зі специфічними потребами проекту. Ви можете розробляти та виконувати власні

програми, створювати логіку керування, налаштовувати режими роботи та алгоритми оптимізації енергоефективності.

Широкий вибір розширень: Raspberry Pi має різні модулі розширення та сенсори, що дозволяють розширити функціональні можливості системи. Ви можете підключати сенсори для моніторингу параметрів сонячних батарей, контролери заряду, реле для керування навантаженням тощо.

Віддалений доступ та моніторинг: Завдяки мережевому підключенню Raspberry Pi, ви можете отримувати віддалений доступ до системи керування. Це дозволяє відстежувати стан сонячних батарей, моніторити ефективність генерації електроенергії, віддалено керувати режимами роботи та здійснювати дистанційне налаштування.

Надійність: Raspberry Pi відзначається стабільним та надійним функціонуванням. Він має вбудовану захист від перенапруги та короткого замикання, що забезпечує безпеку роботи системи. Крім того, його низька споживана потужність дозволяє економно використовувати енергію, що особливо важливо у сонячних енергетичних системах.

Вартісна ефективність: Raspberry Pi є вигідним варіантом для систем керув ання сонячними батареями з точки зору вартості. В порівнянні з іншими промисловими контролерами або спеціалізованими пристроями, Raspberry Pi є значно більш доступним і економічним рішенням. Ви можете отримати потужний одноплатний комп'ютер Raspberry Pi за відносно невелику ціну, що робить його привабливим для багатьох проектів з сонячною енергією[4].

Загалом, Raspberry Pi пропонує широкий функціонал, гнучкість, доступну ціну та велику спільноту розробників. Ці переваги роблять його ідеальним вибором для реалізації систем керування сонячними батареями. За допомогою Raspberry Pi ви можете створити ефективну та автоматизовану систему, яка забезпечує оптимальне використання сонячної енергії, моніторинг та контроль роботи батарей, а також надає можливість віддаленого керування електростанцією.

1.3. Опис протоколів комунікації, що використовуються в системах керування сонячними батареями

У системах керування сонячними батареями важливо мати ефективний механізм комунікації між різними компонентами системи. Це дозволяє забезпечити передачу даних, моніторинг та керування роботою сонячних батарей, що забезпечує оптимальне

використання сонячної енергії. Деякі з основних протоколів комунікації, що використовуються в таких системах, включають:

- Modbus: Modbus є протоколом комунікації, що використовується для передачі даних між електронними пристроями через серійні лінії. Він широко застосовується у сонячних енергетичних системах для зчитування даних про стан сонячних панелей, заряду акумуляторів та інших параметрів. Modbus може бути реалізований як Modbus RTU (заснований на RS-485) або Modbus TCP (заснований на TCP/IP).

- MQTT (Message Queuing Telemetry Transport): MQTT є легким протоколом комунікації, спеціально призначеним для машинного сприйняття та Інтернету речей (IoT). Він забезпечує надійну передачу повідомлень між пристроями, що мають обмежені ресурси, такими як Raspberry Pi. MQTT базується на публікації/підписці, де пристрої публікують повідомлення на теми, і інші пристрої підписуються на ці теми для отримання повідомлень.

- Ethernet/IP: Ethernet/IP є промисловим протоколом комунікації, який використовує Ethernet-мережу для передачі даних між пристроями. Він широко використовується у системах керування сонячними батареями, оскільки забезпечує високу швидкість передачі даних та надійність з'єднання. Ethernet/IP підтримує різні пристрої, такі як контролери програмованої логіки (PLC), які можуть використовуватися для моніторингу та керування сонячними батареями.

- Wi-Fi: Wi-Fi є бездротовим протоколом комунікації, який дозволяє підключати пристрої до бездротової мережі. Використання Wi-Fi в системах керування сонячними батареями дозволяє забезпечити безпровідний доступ до даних та керування електростанцією за допомогою смартфонів, планшетів або комп'ютерів.

- Bluetooth: Bluetooth є ще одним бездротовим протоколом, який може використовуватися для комунікації між пристроями. Він широко застосовується для з'єднання периферійних пристроїв, таких як сенсори, контролери, інтерфейси користувача тощо. Використання Bluetooth в системах керування сонячними батареями дозволяє забезпечити локальну бездротову комунікацію та керування з використанням мобільних пристроїв або спеціальних додатків[6].

Кожен з цих протоколів має свої особливості та переваги, і вибір конкретного протоколу залежить від вимог системи керування сонячними батареями. Зазвичай, системи керування сонячними батареями використовують комбінацію різних протоколів для різних

завдань, таких як збір даних, керування навантаженням, моніторинг рівня заряду та інше. Вибір протоколів повинен бути зроблений з урахуванням таких факторів, як вимоги до швидкості передачі даних, надійність з'єднання, доступність обладнання та сумісність з іншими компонентами системи.

Загалом, використання цих протоколів комунікації дозволяє системам керування сонячними батареями ефективно обмінюватися даними між сонячними панелями, контролерами заряду, інверторами та іншими пристроями. Це дозволяє забезпечити точний моніторинг роботи сонячних батарей, оптимізувати їхню продуктивність, контролювати заряд та розряд батарей, а також здійснювати віддалене керування системою.

Використання відповідних протоколів комунікації в системах керування сонячними батареями забезпечує надійну, ефективну та зручну комунікацію між пристроями. Кожен з цих протоколів має свої особливості і переваги, що дозволяють ефективно використовувати їх у системах керування сонячними батареями.

Протоколи комунікації гарантують передачу даних між сонячними батареями та іншими пристроями, забезпечуючи зчитування та запис параметрів, моніторинг стану батарей, керування режимами роботи та взаємодію з іншими компонентами системи. Це дозволяє забезпечити оптимальну роботу сонячної електростанції та ефективне використання сонячної енергії.

Описані протоколи комунікації є популярними і широко використовуються у системах керування сонячними батареями. Вибір конкретного протоколу залежить від вимог системи, типу пристроїв, які необхідно інтегрувати, та особливостей самої електростанції. Важливо враховувати сумісність протоколів між пристроями та їхню здатність працювати в умовах низького споживання енергії та стійкості до шумів та перешкод.

Застосування відповідних протоколів комунікації в системах керування сонячними батареями дозволяє досягти ефективної взаємодії між пристроями, забезпечити точний моніторинг та керування роботою сонячних батарей, а також забезпечити інтеграцію з іншими системами управління енергопостачанням. Це дозволяє оптимізувати використання сонячної енергії, збільшити ефективність та надійність керування сонячними батареями. Застосування відповідних протоколів комунікації має наступні переваги:

Надійність передачі даних: Протоколи комунікації, такі як MQTT, CoAP та Modbus, забезпечують надійну передачу даних між пристроями. Вони мають механізми виявлення та виправлення помилок, що дозволяють уникнути втрати даних під час передачі.

Ефективність: Протоколи комунікації можуть бути оптимізовані для ефективного використання ресурсів мережі та пристроїв. Наприклад, протокол MQTT використовує підписку та публікацію повідомлень, що дозволяє ефективно передавати дані без зайвого навантаження на мережу.

Масштабованість: Багато протоколів комунікації, таких як MQTT та Zigbee, підтримують мережі з багатьма пристроями. Це дозволяє легко розширювати систему керування сонячними батареями, додавати нові пристрої та інтегрувати їх усі разом.

Гнучкість: Протоколи комунікації надають гнучкість у виборі типу підключених пристроїв. Raspberry Pi, який використовується у системах керування сонячними батареями, може підтримувати різні протоколи комунікації, що дозволяє легко інтегрувати різноманітні пристрої та компоненти.

Віддалене керування: Деякі протоколи комунікації, наприклад, MQTT та CoAP, підтримують віддалене керування пристроями. Це дозволяє операторам системи керування сонячними батареями віддалено моніторити та керувати роботою сонячними батареями навіть з віддаленої локації. Це може бути корисним у випадку потреби відстежувати та контролювати роботу батарей з будь-якого місця, забезпечуючи гнучкість та зручність в управлінні[5].

Крім того, деякі протоколи комунікації можуть підтримувати інтеграцію з хмарними платформами або системами управління енергією, що дозволяє збирати та аналізувати дані про роботу сонячних батарей для подальшого використання в оптимізації енергосистеми.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ВИМОГ ДО СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СОНЯЧНИМИ БАТАРЕЯМИ

2.1. Функціональні та нефункціональні вимоги до системи

Функціональні та нефункціональні вимоги до системи керування сонячними батареями є ключовими аспектами розробки системи, оскільки вони визначають функціональність, продуктивність та характеристики системи. Врахування цих вимог дозволяє створити ефективну та надійну систему керування сонячними батареями. Функціональні вимоги описують конкретні функції та операції, які повинна виконувати система. До функціональних вимог до системи керування сонячними батареями можуть відноситися:

- Моніторинг та збір даних: Система повинна здійснювати моніторинг роботи сонячних батарей, збирати дані про їх потужність, напругу, струм та інші параметри.
- Керування зарядом та розрядом: Система повинна контролювати заряд та розряд сонячних батарей, забезпечуючи оптимальне використання сонячної енергії та продовжуючи тривалість роботи системи.
- Автоматичне регулювання: Система повинна мати можливість автоматично регулювати роботу сонячних батарей в залежності від змінних параметрів, таких як сонячна активність, потужність навантаження та рівень заряду акумуляторів.
- Надійність та безпека: Система повинна бути надійною та забезпечувати безпеку експлуатації сонячних батарей, уникати перевантажень, короткого замикання та інших небезпечних ситуацій.

Нефункціональні вимоги визначають характеристики системи, такі як продуктивність, надійність, безпека, доступність та інші аспекти, які не пов'язані з кон кретними функціями системи. Нижче наведено приклади нефункціональних вимог до системи керування сонячними батареями:

Продуктивність: Система повинна забезпечувати швидку та ефективну обробку даних, мінімізуючи затримки та час відгуку системи.

Надійність: Система повинна бути стійкою та надійною, здатною працювати без перебоїв протягом тривалого часу. Вона повинна виявляти та вирішувати можливі помилки та відновлювати свою роботу після відмов.

Безпека: Система повинна мати заходи безпеки для захисту від несанкціонованого доступу, злому та витоку конфіденційної інформації. Крім того, вона повинна дотримуватись стандартів та протоколів безпеки електронних систем.

Доступність: Система повинна бути доступною для користувачів з різних місць і пристроїв. Вона повинна мати інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача та підтримувати різні методи доступу, такі як веб-інтерфейс, мобільні додатки тощо.

Масштабованість: Система повинна бути здатною масштабуватися для використання в різних масштабах та розмірах сонячних електростанцій, від невеликих до великих.

Енергоефективність: Система повинна споживати мінімальну кількість енергії для своєї роботи та максимально ефективно використовувати сонячну енергію.

Сумісність: Система повинна бути сумісною з іншими компонентами та пристроями, які використовуються в сонячних електростанціях, такими я к інверторами, зарядними контролерами, сенсорами та іншими пристроями, що використовуються у системі сонячної енергії.

Гнучкість: Система повинна мати гнучкість у налаштуванні та адаптації до різних вимог і умов. Вона повинна бути здатною до налаштування параметрів заряду, розряду, режимів роботи та інших параметрів залежно від потреб користувача або зовнішніх умов.

Інтеграція з мережею: Система повинна мати можливість інтеграції з електричною мережею, що дозволяє передавати зайву електроенергію у мережу або отримувати електроенергію з мережі в разі нестачі сонячної енергії.

Запасні схеми: Система повинна мати запасні схеми та резервне живлення, що забезпечують безперебійну роботу у разі відмови основних компонентів або втрати з'єднання з сонячними батареями.

Легкість установки та обслуговування: Система повинна бути легкою в установці та обслуговуванні. Вона повинна мати зручний доступ до компонентів для їхнього огляду, ремонту або заміни[9].

Ці функціональні та нефункціональні вимоги допомагають визначити специфікації та характеристики системи керування сонячними батареями, забезпечуючи її ефективну та надійну роботу у виробничих, комерційних або домашніх умовах. Функціональні вимоги до

системи керування сонячними батареями визначають основні функції, які повинна виконувати система. Основні функціональні вимоги можуть включати:

1. Заряд та розряд батарей: Система повинна забезпечувати ефективний процес заряду батарей з використанням сонячної енергії, а також керувати розрядом батарей при використанні накопиченої електроенергії.
2. Керування потоком електроенергії: Система повинна забезпечувати оптимальний потік електроенергії між сонячними панелями, батареями, навантаженням та електричною мережею (якщо передбачена інтеграція з мережею).
3. Оптимізація використання сонячної енергії: Система повинна максимально використовувати доступну сонячну енергію шляхом оптимізації режимів роботи, заряду та розряду батарей.
4. Керування запасним живленням: Система повинна мати механізми для автоматичного перемикання на резервне живлення або джерело електроенергії у разі відмови основних компонентів або втрати зв'язку з сонячними батареями.

Нефункціональні вимоги визначають якості та характеристики системи, які впливають на її ефективність, надійність та комфорт користувача.

2.2. Аналіз та проектування системи керування сонячними батареями на базі Rasberry Pi

У сучасному світі зростає популярність використання сонячної енергії як екологічно чистого джерела електроенергії. Однак, для ефективного використання сонячних батарей потрібна система керування, яка забезпечує оптимальне використання енергії та керування зарядом та розрядом батарей. В цьому контексті аналіз та проектування системи керування сонячними батареями на базі Raspberry Pi є важливим завданням.

Аналіз ринку та наявних рішень показує, що Raspberry Pi, невеликий одноплатний комп'ютер з великими можливостями, виявляється ідеальною платформою для реалізації системи керування сонячними батареями. Raspberry Pi має достатньо потужності для обробки даних, взаємодії з різними пристроями та забезпечення зв'язку з іншими системами.

Першим етапом проектування системи керування є визначення функціональних вимог. Система повинна здійснювати моніторинг стану сонячних панелей та батарей, керування зарядом та розрядом батарей, оптимізацію використання сонячної енергії, інтеграцію з

електричною мережею та іншими пристроями. Крім того, система повинна мати гнучкість у налаштуванні та адаптації до різних умов і вимог користувача.

Після визначення функціональних вимог наступним кроком є аналіз нефункціональних вимог. Система повинна бути надійною, енергоефективною, масштабованою та забезпечувати безперебійну роботу навіть у разі відмови окремих компонентів. Вона повинна бути легкою в установці та обслуговуванні, забезпечуючи зручний доступ до компонентів для їхнього огляду, ремонту або заміни. Крім того, система має бути безпечною, забезпечуючи захист від перенапруги, короткого замикання та інших випадкових подій.

Унікальність системи керування сонячними батареями на базі Raspberry Pi полягає в поєднанні потужності та гнучкості одноплатного комп'ютера з можливостями керування сонячними батареями. Використання Raspberry Pi дозволяє створити компактну, ефективну та доступну систему, яка може бути використана як у домашніх умовах, так і в комерційних або виробничих приміщеннях.

Проектування системи керування сонячними батареями на базі Raspberry Pi включає в себе розробку алгоритмів моніторингу та керування, розробку інтерфейсу користувача для налаштування та візуалізації даних, вибір та інтеграцію додаткових пристроїв, таких як сенсори, зарядні контролери та інвертори.

Після завершення аналізу та проектування системи керування сонячними батареями на базі Raspberry Pi, важливим етапом є випробування та оптимізація системи. Це включає перевірку працездатності алгоритмів, перевірку взаємодії зі зовнішніми пристроями, а також оптимізацію енергоефективності та надійності системи.

Завдяки аналізу та проектуванню системи керування сонячними батареями на базі Raspberry Pi, ми отр имаємо розроблену систему, яка поєднує в собі найкращі характеристики Raspberry Pi з високою ефективністю та надійністю керування сонячними батареями. Ця система забезпечує моніторинг та контроль над зарядом, розрядом, перетворенням та розподілом електроенергії, а також інтеграцію з електричною мережею.

Однією з ключових переваг даної системи є її гнучкість та налаштовуваність. За допомогою інтерфейсу користувача, вбудованого у систему, можна легко налаштувати різні параметри роботи, враховуючи специфічні потреби та умови використання. Також, завдяки інтеграції з Raspberry Pi, систему можна розширювати та доповнювати додатковими

функціями та пристроями, що робить її універсальною та адаптивною до різних сценаріїв використання.

Окрім цього, система має вбудовані запасні схеми та резервне живлення, що забезпечує безперебійну роботу навіть при відмові окремих компонентів або втраті з'єднання з сонячними батареями. Це дозволяє забезпечити стабільне живлення електрообладнання та уникнути втрати електроенергії.

У процесі розробки системи керування сонячними батареями на базі Raspberry Pi, велика увага приділяється безпеці. Система обладнана захистними механізмами, які запобігають перенапругам, короткому замиканню та іншим небезпечним ситуаціям. Це забезпечує безпеку користувачів та довговічність системи. Завдяки використанню машинного навчання та аналізу даних, система керування сонячними батареями на базі Raspberry Pi може автоматично прогнозувати та оптимізувати виробництво та споживання електроенергії. Вона здатна адаптуватися до змінних умов, таких як зміна погодних умов, коливання споживання електроенергії та зміщення виробництва сонячної енергії. Це дозволяє забезпечити оптимальне використання ресурсів та ефективне управління електроенергетичною системою.

Окрім того, система надає детальну статистику та звіти про продуктивність сонячних батарей, рівень заряду та споживання електроенергії. Ця інформація може бути корисною для моніторингу та аналізу роботи системи, виявлення ефективних стратегій енергозбереження та виробництва, а також для звітності перед регулюючими органами або енергетичними компаніями.

Компактність та легкість використання є ще однією перевагою цієї системи. Raspberry Pi є невеликим, мобільним та простим у використанні пристроєм. Встановлення та підключення системи керування сонячними батареями не потребує складних процедур або спеціалізованого обладнання. Це робить її доступною для використання в різних галузях та серед різних категорій користувачів.

Система керування сонячними батареями на базі Raspberry Pi є унікальним рішенням, яке поєднує в собі переваги надійного та ефективного управління сонячною енергією. Її унікальність полягає в комбінації зручності використання, гнучкості налаштувань, інтеграції зі штучним інтелектом та здатності до моніторингу та аналізу даних.

Завдяки Raspberry Pi, ця система стає доступною для широкого кола користувачів, включаючи домашні господарства, комерційні підприємства та промислові об'єкти. Вона дозволяє оптимізувати використання сонячної енергії, зменшити витрати на електроенергію та сприяє збереженню природних ресурсів.

Процес аналізу та проектування системи керування сонячними батареями на базі Raspberry Pi включає в себе вивчення вимог та потреб користувача, вибір необхідного обладнання та компонентів, розробку програмного забезпечення та інтеграцію з додатковими пристроями. Крім того, здійснюється моделювання та тестування системи перед її впровадженням, що допомагає забезпечити її надійність та оптимальну продуктивність.

Аналіз та проектування системи керування сонячними батареями на базі Raspberry Pi вимагають компетентності у галузі сонячної енергетики, програмування та інженерії. Враховуючи різноманітні потреби та вимоги користувачів, ця система може бути настроєна для різних сценаріїв використання, починаючи від простого автономного живлення до складних інтегрованих енергетичних систем. Завдяки поєднанню передових технологій Raspberry Pi, система керування сонячними батареями стає ефективним рішенням для забезпечення сталого живлення.

2.3. Аналіз можливостей пристроїв Raspberry Pi для реалізації вимог

Аналізуючи можливості пристроїв Raspberry Pi для виконання вимог, можна відзначити їх потужність та гнучкість, що робить їх привабливими вибором для реалізації різних проектів. Raspberry Pi здатний задовольнити широкий спектр вимог, починаючи від простих задач і закінчуючи більш складними завданнями.

Однією з переваг Raspberry Pi є його доступна ціна та компактність, що робить його ідеальним варіантом для використання в системах керування сонячними батареями. Процесори Raspberry Pi мають достатню обчислювальну потужність для обробки даних з датчиків, а також для керування актуаторами, такими як серводвигуни.

Операційна система Raspberry Pi, така як Raspbian, надає зручне середовище розробки та виконання програмного забезпечення. Це дозволяє розробникам легко програмувати функції керування сонячними панелями, моніторити стан системи та оптимізувати заряд акумулятора.

Завдяки GPIO (загального призначення вводу/виводу) пінам, Raspberry Pi може підключатися до різних датчиків, таких як датчики освітленості та температури. Це дає можливість зчитувати значення параметрів, необхідних для контролю системи, і виконувати належні дії на основі цих даних.

Крім того, завдяки можливостям мережевого підключення, Raspberry Pi може взаємодіяти з іншими пристроями та сервісами через мережу Інтернет. Це дозволяє надсилати дані про стан системи на зовнішній сервер для подальшого аналізу або отримувати команди з дистанційного керування.

Raspberry Pi має всі необхідні мож ливості для реалізації вимог системи керування сонячними батареями. Завдяки своїй потужності, гнучкості та доступності, Raspberry Pi може виконувати такі завдання:

1. Зчитування даних з датчиків: Raspberry Pi підтримує підключення різних типів датчиків, таких як датчики освітленості, температурні датчики, датчики вологості та багато інших. Використовуючи GPIO піни, можна підключити ці датчики до Raspberry Pi та отримувати актуальні дані про стан навколишнього середовища.
2. Керування актуаторами: Raspberry Pi може керувати актуаторами, такими як серводвигуни, які використовуються для повороту сонячних панелей. За допомогою відповідних бібліотек та GPIO пінів, можна програмувати Raspberry Pi для руху серводвигуна з заданими кутами повороту, щоб оптимально використовувати сонячну енергію.
3. Оптимізація заряду акумулятора: Raspberry Pi може аналізувати дані з датчиків освітленості та інших параметрів, а також керувати сонячними панелями та зарядом акумулятора. На основі цих даних можна розробити алгоритми оптимізації заряду, щоб забезпечити максимальну ефективність та тривалість роботи системи.
4. Моніторинг та віддалений доступ: Raspberry Pi може надсилати дані про стан системи на зовнішній сервер або хмарний сервіс для моніторингу та аналізу. Це дозволяє операторам системи відстежувати продуктивність, виявляти проблеми та приймати відповідні дії в реальному часі. Також можна налаштувати віддалений доступ до Raspberry Pi для зміни параметрів або отриман ня команд з дистанції, що дозволяє віддалено керувати системою керування сонячними батареями.
5. Розробка веб-інтерфейсу: Raspberry Pi може використовувати свої можливості для створення веб-інтерфейсу, що дозволяє користувачам взаємодіяти з системою керування

сонячними батареями через браузер. Це забезпечує зручний спосіб налаштування параметрів, моніторингу стану системи та виконання керуючих операцій.

6. Розширення можливостей за допомогою модулів: Raspberry Pi має роз'єми для підключення різних модулів та розширень, таких як модулі зв'язку (наприклад, Wi-Fi або Bluetooth), модулі пам'яті, модулі GPS тощо. Це дає можливість додавати додаткові функціональність до системи керування сонячними батареями, наприклад, збір даних про геолокацію або безпровідний доступ до системи.

7. Система контролю та безпеки: Raspberry Pi може бути використаний для створення системи контролю та безпеки. Наприклад, можна налаштувати систему виявлення пожежі або перенапруження, що дозволить вчасно реагувати на небезпеки та запобігати можливим пошкодженням системи.

Узагальнюючи, пристрої Raspberry Pi мають великий потенціал для реалізації вимог системи керування сонячними батареями. Вони забезпечують можливість зчитування даних з датчиків, керування актуаторами, оптимізацію заряду акумулятора, моніторинг та віддалений доступ, розробку веб-інтерфейсу, розширення можливостей за допомогою модулів та створення системи контролю та безпеки. З цими функ ціями Raspberry Pi, розробники можуть створити ефективну та гнучку систему керування сонячними батареями, яка відповідає вимогам проекту.

Завдяки широкому спектру доступних додаткових модулів і розширень, таких як камери, сенсори руху, LCD-дисплеї та інші, Raspberry Pi дозволяє розширити функціональність системи. Наприклад, можна налаштувати систему відеоспостереження для моніторингу сонячних панелей або додати можливість відображення статусу системи на LCD-дисплеї.

Крім того, Raspberry Pi підтримує різні програмувальні мови, такі як Python, C/C++, Java, що дозволяє розробникам використовувати ту мову, з якою вони найкраще знайомі. Це спрощує процес розробки та підтримки системи керування сонячними батареями.

Аналізуючи можливості пристроїв Raspberry Pi, можна зробити висновок, що вони є потужним і гнучким рішенням для реалізації вимог системи керування сонячними батареями. Їх доступна ціна, легка налаштування, велика спільнота розробників і підтримка різноманітних модулів роблять Raspberry Pi привабливим вибором для проектів з енергоефективною та екологічною енергією. Починаючи з аналізу сонячної енергії, Raspberry Pi може підключатись до сонячних панелей за допомогою спеціальних

контролерів заряду або інтерфейсів, таких як GPIO (General Purpose Input/Output). Це дозволяє спостерігати за станом заряду батареї, вимірювати вихідну напругу сонячних панелей та керувати зарядом акумуляторів.

Одним з ключових компонентів системи керування є мікроконтролер Raspberry Pi, який виконує обробку даних, приймає рішення та керує роботою системи. За допомогою програмування на мовах, таких як Python або C/C++, можна реалізувати алгоритми керування зарядом, визначення кута нахилу сонячних панелей та інші функції. Також Raspberry Pi підтримує бездротові технології, такі як Wi-Fi і Bluetooth, що відкриває можливості для збору даних та віддаленого керування системою. За допомогою сенсорів руху, температури, вологості та інших параметрів, можна стежити за ефективністю сонячних панелей та оптимізувати роботу системи.

Для візуалізації даних та керування системою можна використовувати графічний інтерфейс, який може бути розроблений за допомогою інструментів, таких як Tkinter або PyQt. Це дозволить користувачу відстежувати стан системи, налаштовувати параметри та отримувати повідомлення про стан сонячних батарей.

Загалом, використання Raspberry Pi для реалізації систем керування сонячними батареями відкриває широкі можливості для забезпечення ефективності та оптимізації використання сонячної енергії. Завдяки гнучкості та розширюваності Raspberry Pi, можна реалізувати різноманітні функції, що задовольнять вимоги системи керування.

Для початку розробки системи, необхідно провести докладний аналіз вимог. Це включає визначення потрібних функцій, які повинна виконувати система, таких як відстеження сонячної енергії, оптимізація заряду акумуляторів, моніторинг ефективності сонячних панелей та інші. Також важливо визначити інтерфейси, які будуть використовуватись для зв'язку з іншими пристроями, такими як сенсори та актуатори. Після аналізу вимог, можна перейти до проектування архітектури системи. Raspberry Pi може використовуватись як центральний контролер, який приймає дані від сенсорів, обробляє їх та приймає рішення щодо керування сонячними батареями. Завдяки розширюваності Raspberry Pi, можна підключати різні модулі та пристрої, які розширюють функціональність системи. Для збору даних про сонячну енергію та стан системи, можна використовувати сенсори, такі як фоторезистори для вимірювання освітленості, температурні сенсори для моніторингу температури сонячних панелей та інші. За допомогою програмного

забезпечення, написаного на мові програмування Python або інших підтримуваних мовах, можна зчитувати дані з сенсорів т а та обробляти їх на Raspberry Pi. Застосування алгоритмів обробки даних дозволить визначити ефективність сонячних панелей, розрахувати оптимальний кут нахилу для максимального збору сонячної енергії та контролювати заряд акумуляторів.

Raspberry Pi може використовуватись для зберігання та аналізу зібраних даних. Дані про ефективність сонячних панелей, заряд акумуляторів та інші параметри можна зберігати в базі даних або записувати в лог-файли для подальшого аналізу та відстеження змін. Також може використовуватись для комунікації з іншими системами або пристроями. За допомогою бездротових модулів, таких як Wi-Fi або Bluetooth, можна підключати Raspberry Pi до мережі Інтернет або зв'язуватись зі смартфонами та іншими пристроями для отримання даних, керування системою та віддаленого моніторингу.

Необхідно також враховувати аспекти безпеки при розробці системи керування. Розсудлива конфігурація мережі, захист доступу до пристрою та шифрування комунікацій допоможуть забезпечити безпеку даних та недопущення несанкціонованого доступу до системи.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СОНЯЧНИМИ БАТАРЕЯМИ

3.1. Розробка схеми та налаштування пристроїв системи.

3.1.1. Розробка схеми

Розробка схеми для реалізації системи керування сонячними батареями малогабаритної електростанції є важливим кроком у створенні стабільного та енергоефективного джерела електроенергії. Ця схема дозволяє максимально використовувати потенціал сонячної енергії та забезпечує ефективне заряджання та розряджання батарей для забезпечення постійного живлення електричних пристроїв.

При розробці схеми важливо врахувати кілька ключових аспектів. По-перше, необхідно включити сонячні панелі як джерело енергії та розмістити їх у відкритому місці з належною сонячною експозицією. Далі, використовуючи фоторезистори або інші датчики освітленості, слід виміряти рівень сонячного світла та визначити оптимальний кут нахилу панелей для максимального збору енергії. Для ефективного заряджання та розряджання батарей необхідно включити контролер заряду, який регулює потік енергії між сонячними панелями і батареями. Контролер також відповідає за захист батарей від перезаряду та недозаряду, що сприяє їхньому довгому та надійному функціонуванню.

До схеми можна додати інвертор, який перетворює постійний струм з батарей в змінний струм, що може бути використаний для живлення підключених електричних пристроїв. Інвертор також може бути обладнаний функцією можливістю автоматичного перемикання між сонячним джерелом енергії та додатковим джерелом, наприклад, мережею електроживлення.

Слід також врахувати включення системи моніторингу та керування, яка надає інформацію про стан сонячних панелей, батарей та електричних навантажень. Це дозволяє відстежувати ефективність системи, виявляти можливі несправності та забезпечувати оптимальне керування енергетичними процесами.

У схему також можна включити блок живлення для забезпечення стабільного живлення всіх елементів системи. Це може бути особливо важливо, коли сонячна енергія недоступна або недостатня.

Важливим аспектом розробки схеми є вибір відповідних компонентів та їх правильне підключення. Потрібно звернути увагу на вимоги щодо напруги та струму сонячних панелей, батарей, контролера заряду, інвертора та інших елементів. Також слід враховувати електричну ізоляцію, захист від короткого замикання та інші безпечні практики. Необхідно також врахувати специфічні потреби вашого проекту та встановити необхідні з'єднання та комунікаційні протоколи для інтеграції з іншими системами, якщо це необхідно.

Розробка схеми системи керування сонячними батареями малогабаритної електростанції вимагає ретельного планування.

Завдяки дослідженим вимогам та аналізу можна реалізувати таку схему роботи системи:



Рис. 3.1. Схема роботи системи керування сонячними батареями

3.1.2. Вибір протоколів комунціkації.

Наступним кроком у розробці системи є вибір протоколів комунікації, які були наведені у підрозділі 1.3. Для цього проекту було обрано такі протоколи:

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport): Цей легкий та масштабований протокол є популярним у сфері Інтернету речей (IoT). Він підтримує передачу повідомлень між пристроями та серверами з мінімальними вимогами до пропускної здатності мережі. MQTT може бути використаний для передачі данних між Raspberry Pi та іншими пристроями, такими як сонячні контролери, зарядні контролери тощо.

Modbus: Цей протокол комунікації широко використовується в системах автоматизації та контролю. Він дозволяє передавати дані між різними пристроями за допомогою протоколу серійної комунікації. Modbus може бути використаний для збирання даних з різних компонентів системи, наприклад, зарядних контролерів, інверторів, датчиків тощо.

Wi-Fi: Raspberry Pi має вбудований модуль Wi-Fi, що дозволяє бездротову комунікацію з іншими пристроями у мережі. Використання Wi-Fi дозволяє зручну передачу даних між Raspberry Pi та іншими пристроями в системі, включаючи смартфони, комп'ютери або хмарні сервіси.

Ethernet: Якщо система має потребу в стійкій та надійній комунікації, варто розглянути використання Ethernet. Raspberry Pi можна підключити до локальної мережі за допомогою кабелю Ethernet, що дозволить передавати дані з високою швидкістю та стабільністю.

3.1.3. Налаштування пристроїв

Для налаштування пристроїв системи перш за все потрібно завантажити офіційну операційну систему Raspberry Pi з офіційного веб-сайту Raspberry Pi Foundation (URL: https://www.raspberrypi.com/software/operating-systems/).

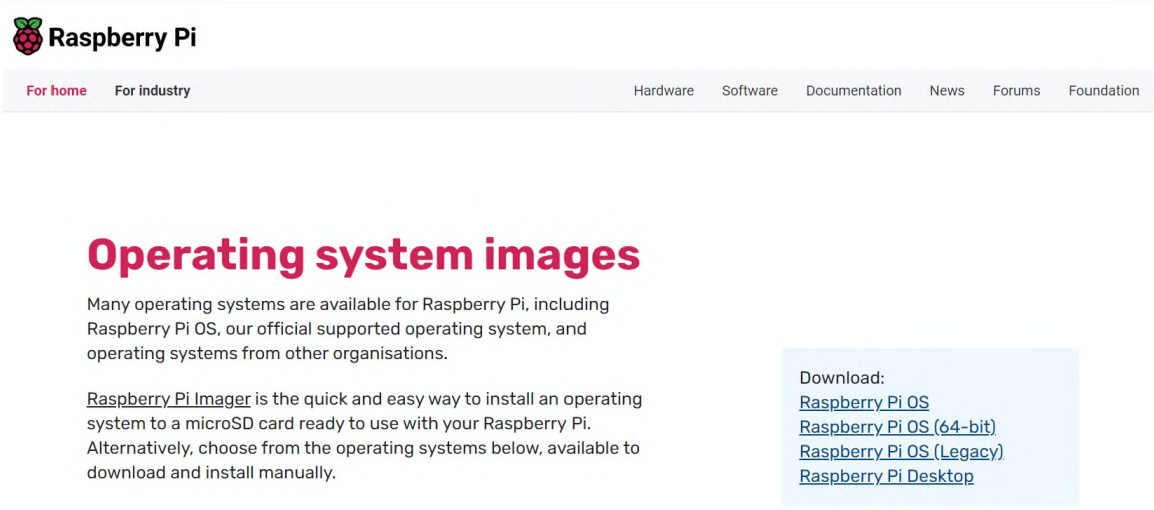


Рис. 3.2. Офіційний сайт Raspberry Pi Foundation.

Далі потрібно використати програму для форматування microSD-карти та запису образу операційної системи на неї. Будемо користуватись інструментом з сайту (URL: https://www.balena.io/etcher) для користувачів Windows та інших систем.

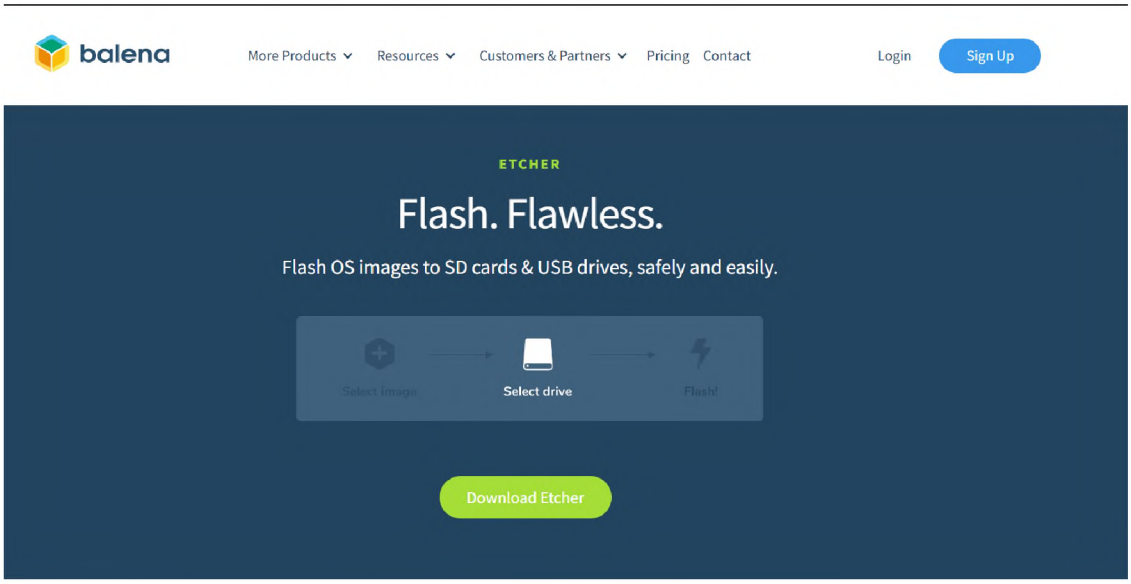


Рис. 3.3. Інструмент для флешування SD.

Також завантажуємо програму для форматування SD.

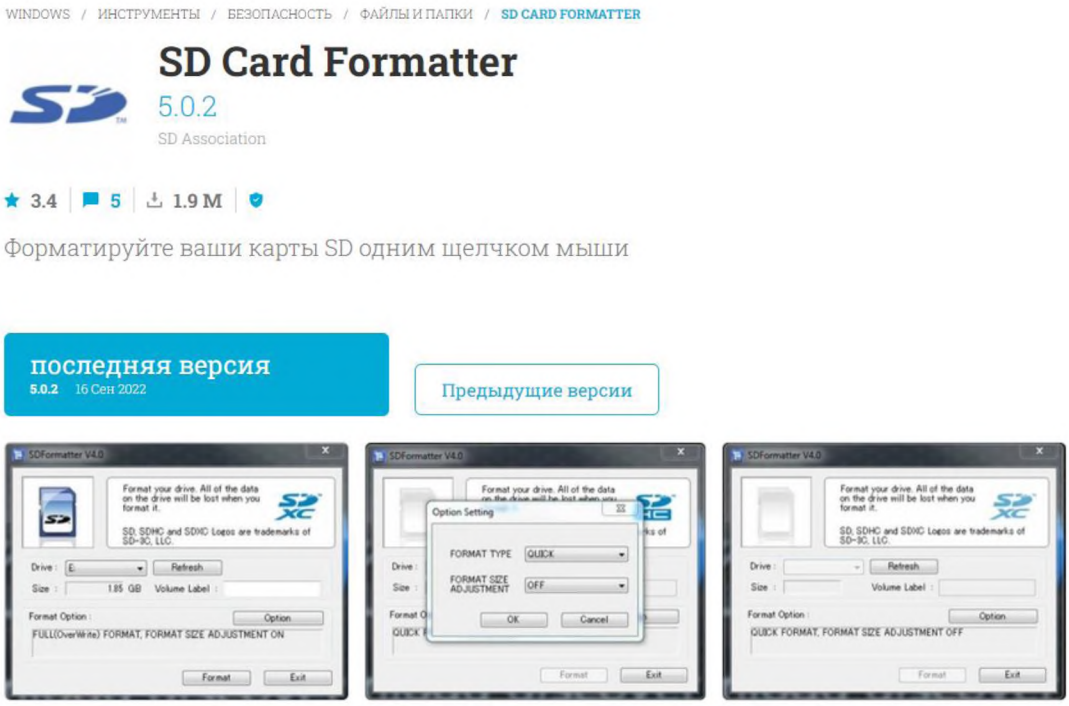


Рис. 3.4. Програма для форматування SD.

Далі запускаємо додаток для форматування та чистимо флешку.

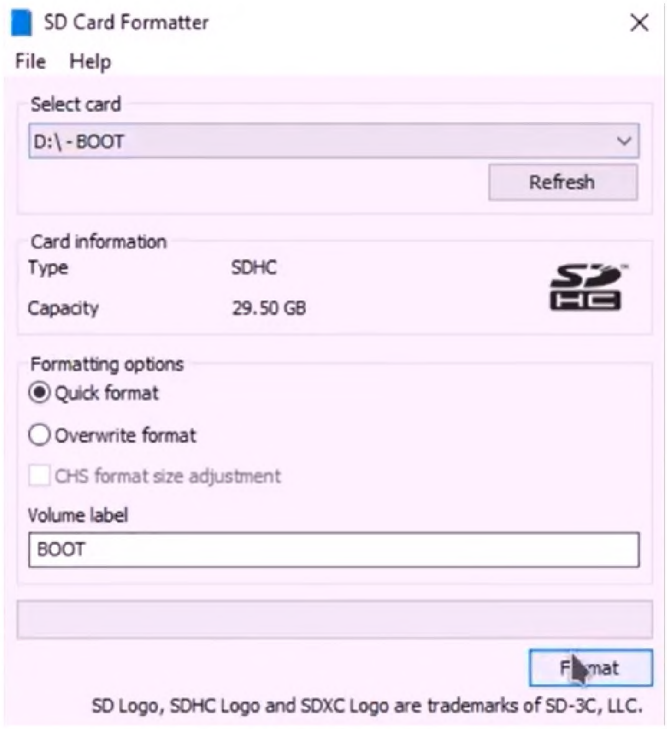


Рис. 3.5 Вікно форматування SD.

Наступним кроком потрібно зайти у інструмент для флешування, обираємо потрібний нам файл та відформатовану флешку, та запускаємо процес флешування.

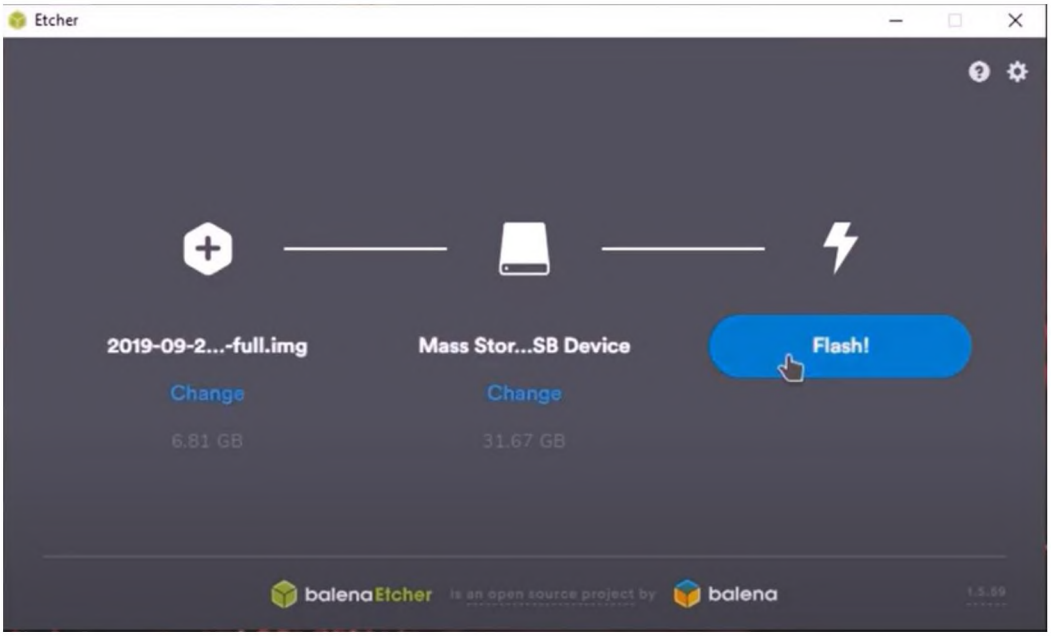


Рис. 3.6. Вікно програми для флешування.

Після закінчення флешування можна витягати флешку з комп'ютера та підключати її до пристроя Raspberry Pi. Для керування сонячними батареями підключаємо необхідні пристрої (зарядний контролер, датчики, реле) до відповідних GPIO пінів Raspberry Pi.

3.2. Розробка системи.

Використовуючи мову програмування Python, яка підтримується Raspberry Pi розробляємо код для керування системи:

```python
import RPi.GPIO as GPIO
import time

# Конфігурація пінів GPIO
servo_pin = 18
ldr_pin = 24

GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(servo_pin, GPIO.OUT)
GPIO.setup(ldr_pin, GPIO.IN)

# Ініціалізація об'єкту для керування серводвигуном
servo = GPIO.PWM(servo_pin, 50)  # 50 Гц частота серводвигуна


# Функція для отримання значення освітленості від LDR
def get_light_intensity():
    return GPIO.input(ldr_pin)
```

Рис 3.7. Скріншот програмного коду системи.

```python
# Функція для керування серводвигуном залежно від значення освітленості
def control_servo():
    light_intensity = get_light_intensity()

    if light_intensity < 1000:  # Порігове значення освітленості для повороту панелі
        servo.start(2.5)  # Поворот в одну сторону
        time.sleep(1)
        servo.stop()
    else:
        servo.start(12.5)  # Поворот в іншу сторону
        time.sleep(1)
        servo.stop()


# Основний цикл програми
try:
    while True:
        control_servo()
        time.sleep(1)

except KeyboardInterrupt:
    servo.stop()
    GPIO.cleanup()
```

Рис 3.8. Скріншот програмного коду системи.

Даний код використовує бібліотеку RPi.GPIO для керування пристроями GPIO на Raspberry Pi. Основна мета цього коду - керування серводвигуном в залежності від значення освітленості, отриманого від фоторезистора (LDR).

Основні кроки, які реалізовані в цьому коді:

1. Імпорт бібліотек та налаштування пінів GPIO:

- Імпортується бібліотека RPi.GPIO та модуль time.
- Встановлюється режим нумерації пінів BCM (Broadcom SOC channel).
- Налаштовується режим піна 18 (servo_pin) як вихідний для керування серводвигуном.
- Налаштовується режим піна 24 (ldr_pin) як вхідний для отримання значення освітленості від фоторезистора.

2. Ініціалізація об'єкту для керування серводвигуном:

- Використовуючи GPIO.PWM, створюється об'єкт servo для керування серводвигуном на піні servo_pin з частотою 50 Гц.

3. Функції для отримання значення освітленості та керування серводвигуном:

- Функція get_light_intensity() повертає значення освітленості, отримане від фоторезистора (ldr_pin).
- Функція control_servo() отримує значення освітленості та в залежності від нього керує серводвигуном.
- Якщо значення освітленості менше порігового значення 1000, серводвигун повертається в одну сторону на 2,5% тривалістю 1 секунда.
- Якщо значення освітленості вище порігового значення, серводвигун повертається в іншу сторону на 12,5% тривалістю 1 секунда.

4. Основний цикл програми:

- Виконується безкінечний цикл, в якому викликається функція control_servo() кожну секунду.

5. Обробка винятків:

- Використовується блок try-except для обробки винятку KeyboardInterrupt, який виникає при натисканні Ctrl+C для зупинки програми.

У випадку винятку, серводвигун зупиняється за допомогою методу servo.stop(), а GPIO піни очищаються за допомогою методу GPIO.cleanup(). Це необхідно для коректного вивільнення ресурсів GPIO та уникнення можливих проблем з подальшим використанням GPIO пінів.

Цей код виконує налаштування пінів GPIO, ініціалізує об'єкт для керування серводвигуном та реалізує функції для отримання значення освітленості від фоторезистора і керування серводвигуном в залежності від цього значення. Основний цикл програми безперервно викликає функцію керування серводвигуном та забезпечує його роботу відповідно до отриманої освітленості. При виникненні винятку KeyboardInterrupt програма коректно зупиняє серводвигун та очищає використані GPIO піни.

Цей код буде використаний для автоматичного підігнання панелей сонячних батарей до оптимального положення в залежності від освітленості, що дозволяє досягти більшої ефективності збору сонячної енергії.

Далі оновлюємо код, який буде створювати вікно для управління сонячними батареями за допомогою бібліотеки Tkinter.

Tkinter є стандартною бібліотекою Python, яка використовується для створення графічного інтерфейсу користувача (GUI). Вона надає набір інструментів для створення вікон, кнопок, полів введення, меню, діалогових вікон та інших елементів інтерфейсу.

Основні поняття та компоненти Tkinter:

Вікно (Window): Головний контейнер, який містить інші елементи інтерфейсу. Створюється за допомогою класу Tk з модуля tkinter.

Елементи керування (Widgets): Елементи, які використовуються для взаємодії з користувачем, такі як кнопки, поле введення, мітки, список, поле для вибору тощо. Ці елементи створюються за допомогою відповідних класів, наприклад, Button, Entry, Label, Listbox і т.д.

Менеджер компонування (Layout Manager): Використовується для організації розташування елементів вікна. Tkinter надає різні менеджери компонування, такі як Pack, Grid і Place, які допомагають розмістити елементи вікна в певному порядку.

Події (Events): Взаємодія з користувачем викликає події, такі як натискання кнопки, переміщення миші або натискання клавіші. Tkinter надає можливість прив'язати функції-обробники до подій, що дозволяє реагувати на дії користувача.

Головний цикл програми (Main Loop): Після створення вікна та налаштування елементів, потрібно запустити головний цикл програми. Він обробляє події, такі як

натискання клавіші або переміщення миші, і забезпечує відповідну реакцію інтерфейсу на дії користувача[16].

```python
import tkinter as tk
import RPi.GPIO as GPIO
import time

# Конфігурація пінів GPIO
servo_pin = 18
ldr_pin = 24
eng_pin = 30
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(servo_pin, GPIO.OUT)
GPIO.setup(ldr_pin, GPIO.IN)

# Ініціалізація об'єкту для керування серводвигуном
servo = GPIO.PWM(servo_pin, 50)  # 50 Гц частота серводвигуна


# Функція для отримання значення освітленості від LDR
def get_light_intensity():
    return GPIO.input(ldr_pin)

def get_energy_intensity():
    return GPIO.input(eng_pin)


# Функція для керування серводвигуном залежно від значення освітленості
def control_servo():
    light_intensity = get_light_intensity()
```

Рис. 3.9. Скріншот коду програми.

```python
# Функція для керування серводвигуном залежно від значення освітленості
def control_servo():
    light_intensity = get_light_intensity()

    if light_intensity < 1000:  # Порігове значення освітленості для повороту панелі
        servo.start(2.5)  # Поворот в одну сторону
        time.sleep(1)
        servo.stop()
    else:
        servo.start(12.5)  # Поворот в іншу сторону
        time.sleep(1)
        servo.stop()


# Основний цикл програми
try:
    while True:
        control_servo()
        time.sleep(1)

except KeyboardInterrupt:
    servo.stop()
    GPIO.cleanup()


# Функція, яка викликається при натисканні кнопки "Увімкнути"
def turn_on():
    control_servo()
```

Рис. 3.10. Скріншот коду програми.

```
# Функція, яка викликається при натисканні кнопки "Увімкнути"
def turn_on():
    control_servo()


# Функція, яка викликається при натисканні кнопки "Вимкнути"
def turn_off():
    servo.stop()


# Створення вікна
window = tk.Tk()
window.title("Керування системою сонячних батарей")
# Налаштування розміру вікна
window.geometry("800x800")

# Налаштування фонового кольору вікна
window.configure(bg="lightgray")

# Створення кнопки "Увімкнути" і прив'язка до функції turn_on
btn_turn_on = tk.Button(window, text="Увімкнути", command=turn_on, width=22, height=5, bg="green")
btn_turn_on.pack(pady=20)

# Створення кнопки "Вимкнути" і прив'язка до функції turn_off
btn_turn_off = tk.Button(window, text="Вимкнути", command=turn_off, width=22, height=5, bg="red")
btn_turn_off.pack(pady=20)
```

Рис. 3.11. Скріншот коду програми.

```
# Функція, яка викликається при натисканні кнопки "Показати рівень енергії"
def show_energy_level():
    return get_light_intensity()


# Створення кнопки "Показати рівень енергії" і прив'язка до функції show_energy_level
btn_show_energy = tk.Button(window, text="Показати рівень енергії", command=show_energy_level, width=22, height=5,
                            bg="blue")
btn_show_energy.pack(pady=20)


# Функція, яка викликається при натисканні кнопки "Показати рівень освітленості"
def show_light_level():
    return get_energy_intensity()


# Створення кнопки "Показати рівень освітленості" і прив'язка до функції show_light_level
btn_show_light = tk.Button(window, text="Показати рівень освітленості", command=show_light_level, width=22, height=5,
                           bg="orange")
btn_show_light.pack(pady=20)

# Запуск основного циклу вікна
window.mainloop()
```

Рис. 3.12. Скріншот коду програми.

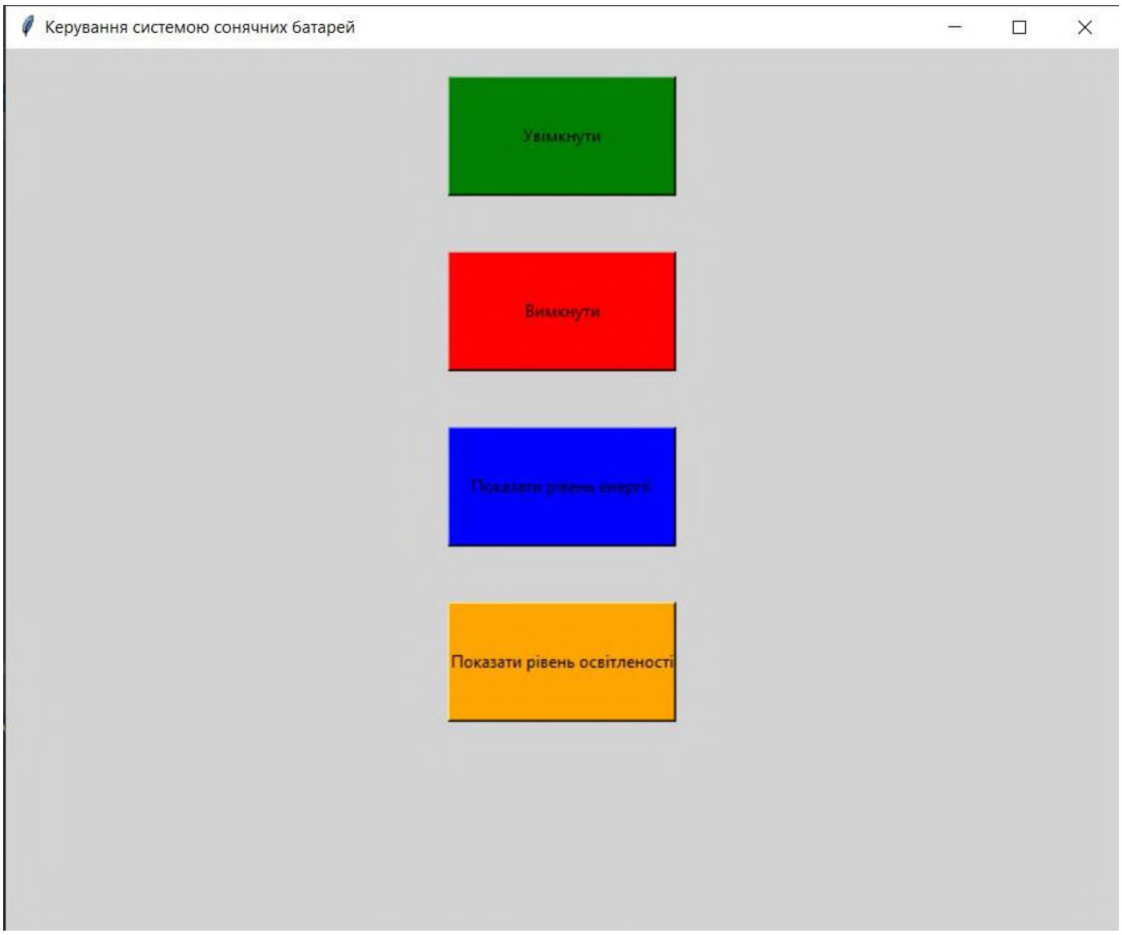


Рис. 3.13. Інтерфейс програми керування

Кнопка «увімкнути» відповідає за включення механізму повороту батареї в залежності від освітлення в різні сторони.

Кнопка «вимкнути» відповідає за вимкнення серводвигуна при потребі.

Кнопка «показати рівень енергії» показує поточний рівень заряду, що поглинають батареї.

Кнопка «показати рівень освітленості» показує рівень освітленості на батареях та допомагає визначити ефективність механізму.

ВИСНОВОК

У цій роботі була проведена розробка системи керування сонячними батареями малогабаритної електростанції на базі Raspberry Pi. Під час виконання дослідження було проведено огляд літератури, де розглянуто принципи роботи сонячних батарей та їх використання в електростанціях. Також був проаналізований огляд пристроїв Raspberry Pi та їх можливостей у керуванні сонячними батареями, а також описано протоколи комунікації, що використовуються в системах керування сонячними батареями.

У другому розділі були визначені функціональні та нефункціональні вимоги до системи керування сонячними батареями. Також проведено аналіз та проектування системи керування на базі Raspberry Pi з урахуванням вимог. Було здійснено аналіз можливостей пристроїв Raspberry Pi для реалізації вимог.

У третьому розділі була розроблена архітектура системи керування сонячними батареями. Була проведена розробка схеми та налаштування пристроїв системи. Також була здійснена розробка самої системи.

Загальний висновок полягає в тому, що розробка системи керування сонячними батареями малогабаритної електростанції на базі Raspberry Pi є важливим напрямком в сфері використання альтернативних джерел енергії. Вона дозволяє ефективно керувати та оптимізувати використання сонячної енергії, забезпечуючи стабільне живлення та знижуючи витрати. Розроблена система має потенціал для використання в різних сферах, включаючи житлові будинки, комерційні споруди та інші малогабаритні електростанції, сприяючи екологічній сталості та сталому розвитку.

Важливість цієї розробки також полягає в тому, що сонячні панелі є одним з найпоширеніших джерел відновлювальної енергії, яке може бути використане для забезпечення електричної потужності в різних сферах. Використання сонячних панелей допомагає зменшити залежність від традиційних джерел енергії, зменшити викиди шкідливих газів та сприяє збереженню ресурсів планети.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Szeliski R. Computer Vision. Algorithms and Applications / Szeliski R. – London, UK: Springer-Verlag London Limited, 2011. – С. 3-25.
2. Baggio D. L. OpenCV 3.0 Computer Vision with Java / Baggio D. L. - Birmingham, UK: Packt Publishing Ltd, 2015. – С. 65-69.
3. Ящук В. І. Онтологія наукових досліджень та методологія наукового пізнання / В.І. Ящук // Економіка в контексті глобальних змін суспільства: матеріали Міжнародної науково-

практичної конференції (м. Дніпро, 18 липня 2020 р.). – Дніпро: НО «Перспектива», 2020. – 140 с.

4. Могильний С. Б. М74 Мікрокомп'ютер Raspberry Pi - інструмент дослідника посібник. - К. : «Талком», 2014. – 340 с.
5. Barnes R. Raspberry Pi. The Complete Manual / Russell Barnes - Imagine Publishing Ltd, 2014. - 148 с.
6. Bell C. Beginning Sensor Networks with Arduino and Raspberry Pi / Charles Bell - Apress Media, 2013. – 404 с.
7. Bradbury A. Learning Python with Raspberry Pi / Alex Bradbury, Ben Everard - John Wiley & Sons Ltd, 2014. – 288 с.
8. Horan B. Practical Raspberry Pi / Brendan Horan - Apress Media, 2014. – 260 с.
9. Monk S. Raspberry Pi Cookbook / Simon Monk - O'Reilly Media, Inc., 2014. – 408 с.
10. Suehle R. Raspberry Pi Hacks / Ruth Suehle, Tom Callaway - O'Reilly Media, Inc., 2014. – 392 с.
11. Philbin C.A. Adventures in Raspberry Pi / Carrie Anne Philbin - John Wiley & Sons Ltd, 2014. – 256 с.
12. Robinson A. Raspberry Pi Projects / Dr. Andrew Robinson, Mike Cook, Jonathan Evans, Sean McManus - John Wiley & Sons Ltd, 2014. – 480 с.
13. Дунець Р. Б. Арифметичні основи комп'ютерної техніки / Р. Б. Дунець, О. Т. Кудрявцев. – Львів : Ліга-Прес, 2006. – 142 с.
14. Довгалець С. М. Алгоритмічні мови та програмування. Частина 1. Основи інформатики та комп'ютерної техніки. Навчальний посібник / С. М. Довгалець, Р. В. Маслій. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 116 с.
15. Кравчук О. І. Збірник лабораторних робіт з прикладами розв'язання задач з алгоритмізації та програмування мовою С : навчально-методичний посібник для студентів вищих технічних навчальних закладів / О. І. Кравчук, А. С. Кравчук. Кравчук. - Мн : Технопринт, 2002. - 111 с.
16. Яковенко А. Основи програмування: методичні вказівки до виконання комп'ютерних практикумів з дисципліни "Основи програмування". Основи програмування мовою Python / А. В. Яковенко. – Київ : НТУУ "КПІ ім. І. Сікорського", 2017. – 87 с.
17. Мова програмування Python / Г. Россум, Ф. Л. Дж. Дрейк, Д. С. Откидач та ін. 2001. – 454 с.

18. Практикум з алгоритмізації та програмування на Python / І. А. Хахаєв. - М.: Альт Лінукс, 2010. - 126 с.
19. Сонячний трекер для збільшення продуктивності сонячних панелей URL: https://solarsystem.com.ua/zbilshennya-produktyvnosti-sonyachnyh-panelej-sonyachnyj-treker/ (Дата звернення 3.03.2023)
20. Сонячні контролери - які вони бувають і для чого потрібні URL: https://www.solargarden.com.ua/kontroler-zaryadu-sonyachnyh-batarej-pryznachennya-ta-osoblyvosti-vyboru/?movaUK=UK (Дата звернення 3.03.2023)
21. Стартовий комплект "Розумний дім" Fibaro Starter Kit (FIB_Start)- назва з екрану // "Технології для життя". - URL: http://sweetcheap.online
22. Трекери для сонячних панелей: конструкція, принцип роботи, ефективність URL: https://www.solargarden.com.ua/trekery-dlya-sonyachnyh-panelej-konstruktsiya-pryntsyp-roboty-efektyvnist/ (Дата звернення 3.03.2023)
23. Хані, С. та Г. Сантосо, "Покращення ємності сонячних елементів за допомогою лінзового концентратора Френеля з сонячною енергією". Lens Concentrator with Solar Tracker Control". Міжнародний журнал наукових Engineering and Science. (2018). 2(7): p. 41-44.
24. Що таке Cisco Packet Tracer URL: http://www.packettracernetwork.com/
25. Ammach, S. and A. Attia. "Проектування та впровадження автономної енергоефективної системи відстеження сонячної енергії для фотоелектричних електростанцій". у 2019 році Міжнародна Міжнародна конференція з електричних та комп'ютерних технологій та застосувань (ICECTA)(2019).
26. EasySmartBox - готові системи Розумний Дім від виробника // EasySmartBox. - URL: http://easysmartbox.com (Дата звернення 3.03.2023)
27. Inter-Integrated Circuit. URL: https://electrosome.com/i2c/# Disadvantages
28. MQTT: The Standard for IoT Messaging. - Назва з екрана. – URL: https://mqtt.org/ (Дата звернення 3.03.2023)
29. NumPy // Посібник з NumPy v1.20 https://numpy.org/doc/stable/
30. Packet Tracer 8.2 - конфігурація пристроїв IoT URL: https://www.packettracernetwork.com/internet-of-things/pt7-iot-devices-configuration.html (Дата звернення 3.03.2023)
31. PyPI Індекс пакету Python // Ця бібліотека Python для Raspberry Pi дозволяє легко використовувати складну функціональність датчика INA219 від Texas Instruments для вимірювання напруги, струму та потужності. URL: https://pypi.org/project/pi-ina219/

32. Raspberry Pi Spy - неофіційні підручники, посібники та новини про Pi // Використання модуля I2C OLED-дисплея з Raspberry Pi URL: https://www.raspberrypi-spy.co.uk/2018/04/i2c-oled-display-module-with-raspberry-pi/ (Дата звернення 3.03.2023)
33. S. Mansour. Optimum Design Of On Grid Pv System Using Tracking System / D.W.R.Anis, D.I.M. Hafez // Sci. Technol. Res. – 2015. – №05. – pp. 50–57.
34. Sun, Liangxu, et al. "Порівняння між фізичними пристроями та симулятором програмного забезпечення для викладання мережевих технологій Cisco". Computer Science & Education (ICCSE), 2013 8th International Conference on IEEE, 2013.
35. T. Twisha. Introducing Dual Axis Solar Tracker with Reflector to Increase Optimal Electricity Generation in Bangladesh // Dev. Renew. Energy Technol. – 2014. – № 3. – pp.1–6.
36. Tech, Learn and Make with Paspeberry Pi. URL: https://www.raspberrypi.org/
37. Одноосьові трекери підвищують ефективність сонячної станції на 15 - 17% URL: https://ussolar.systems/ua/news/6-odnoosnye-trekery-povyshayut-effektivnost-solnechnoy-stantsii-na-15-17
38. Оліфер В. Г., Оліфер Н. О. Комп'ютерні мережі. Принципи, технології, протоколи: Ювілейне видання. - Підручник для вузів, 2020. - С.1008. ISBN:978-5-4461-1426-9.
39. Опис руху сонця. URL: https://prel.prom.ua/a279654–sonyachnij–treker– scho.html (Дата звернення 3.03.2023)
40. Перспективні технології фотоелектричної сонячної енергетики URL: https://razumkov.org.ua/statti/perspektyvni-tekhnologii-fotoelektrychnoi-soniachnoi-energetyky (Дата звернення 3.03.2023)