

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Автоматизована система відстеження та сповіщення про відключення електрики
Назва теми

Рівень вищої освіти Перший (бакалаврський)
Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування
Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

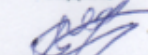
КВРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ
Шифр

Виконав здобувач 4 курсу, група АКІТ-22-1
Шифр


Підпис

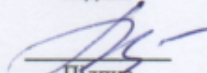
Данило ПЕТРИШАК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник асистент
Науковий ступінь, учене звання


Підпис

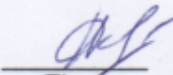
Артур СЛИВА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер канд. техн. наук, доц.
Науковий ступінь, учене звання


Підпис

Галина РАДЕЛЬЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри автоматизації,
комп'ютерно-інтегрованих технологій та
робототехніки


Підпис

Людмила КОРЕЦЬКА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

09.06.2026р.
Дата

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Інформаційних технологій
 Кафедра Автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки
 Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
 Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування
 Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
 Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АКИТтаР

Людмила КОРЕЦЬКА

07 лютого 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Петришаку Данилу Романовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема роботи Автоматизована система відстеження та сповіщення про відключення електрики

Керівник роботи Слива Артур Анатолійович, асистент

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

Затверджено наказом ректора університету від 2026 р. №

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 02.06.2026 р.

3 Вихідні дані до роботи Матеріали переддипломної практики

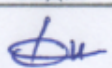
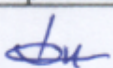
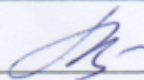
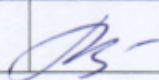
4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ, ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ВІДСТЕЖЕННЯ ТА СПОВІЩЕННЯ ПРО ВІДКЛЮЧЕННЯ ЕЛЕКТРИКИ, ПРОГРАМНЕ ТА АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ВІДСТЕЖЕННЯ ТА СПОВІЩЕННЯ ПРО ВІДКЛЮЧЕННЯ ЕЛЕКТРИКИ

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

Презентаційні матеріали (слайди)

6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М. В., доцент кафедри АКИТтаР		
Нормоконтроль	Радельчук Г. І., доцент кафедри АКИТтаР		

7 Дата видачі завдання 07 лютого 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

Данило ПЕТРИШАК

Підпис

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник кваліфікаційної роботи

Артур СЛИВА

Гидроис

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизована система відстеження та сповіщення про відключення електрики».

Автор роботи: Петришак Данило.Романович

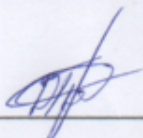
Керівник роботи: Слива Артур Анатолійович

Пояснювальна записка: 67 с., 23 рис., 2 табл., 0 дод., 50 джерел.

Графічна частина: 8 презентаційних слайдів.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА, МОНІТОРИНГ
ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ, RASPBERRY PI, PYTHON, IOT.

Мета роботи: розробити автоматизовану систему відстеження та сповіщення про відключення та увімкнення електроенергії, яка забезпечує надійний моніторинг стану електроживлення та своєчасну передачу інформації користувачу. Отримані результати підтверджують можливість створення ефективної, відносно простої та доступної системи моніторингу електропостачання на основі сучасних мікрокомп'ютерних платформ. Запропонована система може бути використана для оперативного інформування користувачів про відключення або відновлення електроенергії, а також може бути розширена додатковими функціями, такими як зберігання статистики, інтеграція з хмарними сервісами або використання альтернативних каналів сповіщення



Підпис студента

02.06.2026

Дата

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	9
1.1 Аналіз існуючих методів моніторингу електропостачання	9
1.2 Огляд сучасних технічних засобів реалізації систем моніторингу	11
1.3 Аналіз способів сповіщення користувачів	13
1.4 Огляд способів живлення системи	14
1.5 Висновки до першого розділу	17
2 ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ВІДСТЕЖЕННЯ ТА СПОВІЩЕННЯ ПРО ВІДКЛЮЧЕННЯ ЕЛЕКТРИКИ.....	19
2.1 Розробка блок схеми системи відстеження та сповіщення про відключення електрики	19
2.2 Вибір елементів для системи відстеження та сповіщення про відключення електрики	21
2.2.1 Вибір обчислювального модуля.....	22
2.2.2 Вибір джерела мережевого живлення.....	24
2.2.3 Вибір акумуляторного модуля	26
2.2.4 Розрахунок потужності акумулятора.....	28
2.2.5 Підбір датчиків.....	31
2.2.6 Підбір АЦП.....	33
2.3 Дослідження IoT-систем моніторингу енергоспоживання на базі Raspberry Pi.....	35

					КвРАКІТР. 2022108.01.17.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Автоматизована система відстеження та сповіщення про відключення електрики Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Петришак Д.Р.		02.06.26				
Перевір.		Слива А.А.		02.06.26			4	67
Реценз.								
Н. Контр.		Радельчук Г. І.		02.06.26				
Затверд.		Корецька Л.О.		02.06.26		ХНУ, АКІТ-22-1		

2.4 Висновки до другого розділу	37
3 ПРОГРАМНЕ ТА АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ВІДСТЕЖЕННЯ ТА СПОВІЩЕННЯ ПРО ВІДКЛЮЧЕННЯ ЕЛЕКТРИКИ	39
3.1 Розробка алгоритму функціонування системи відстеження та сповіщення про відключення електрики	39
3.2 Підготовка Raspberry Pi.....	45
3.3 Схема електричних з'єднань системи моніторингу енергоспоживання на базі Raspberry Pi.....	49
3.4 Розробка коду Python для системи моніторингу	53
3.5 Висновки до третього розділу	57
ВИСНОВКИ	60
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	62

ВСТУП

Актуальність теми. В наслідок війни та пошкодження об'єктів енергетичної інфраструктури часті перебої електроживлення стали нормою для багатьох людей, які в свою чергу були змушені вносити зміни в розпорядок дня. Коли електроживлення є менше десяти годин на добу та періоди його наявності розкидані протягом доби, для працюючої людини чи студента буває критично важливим встигнути попрацювати в ці години чи зарядити свої пристрої, але і для інших людей буває необхідно зарядити свої телефони чи павербанки.

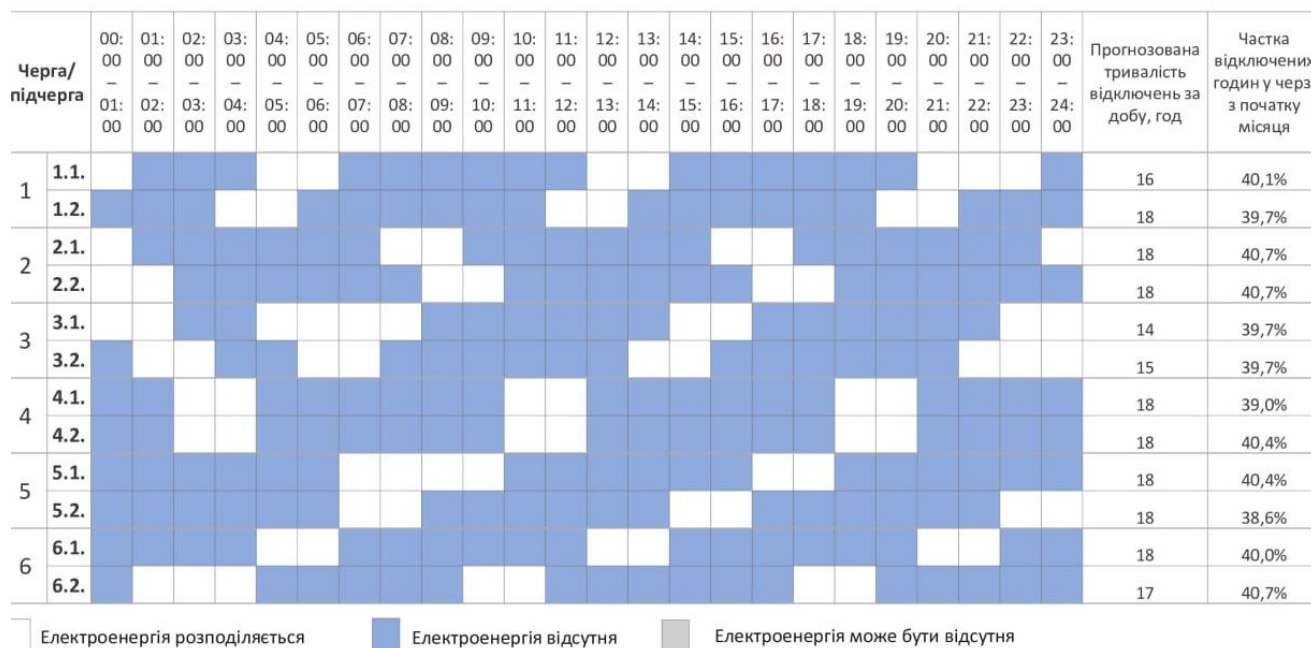
Відсутність оперативної інформації про моменти увімкнення або відключення електроенергії призводить до неефективного використання часу та ресурсів, що, у свою чергу, негативно впливає на продуктивність користувачів. Існуючі методи сповіщення про графіки відключень від підприємств відповідальних за електроживлення багато разів показали свою неефективність, коли світло зникає на пів години раніше чи навпаки з'являється на пів години пізніше, це вносить хаос в і так нестабільне життя людей. Подібні недоліки обумовлюють необхідність розробки технічних засобів, які здатні в реальному часі визначати наявність або відсутність електроенергії та забезпечувати негайне інформування користувачів, які поєднують апаратні засоби здатні визначити наявність електроживлення з програмними компонентами для обробки даних та передачі сповіщень. Такі системи можуть бути реалізовані на базі мікроконтролерів, датчиків напруги, бездротових модулів зв'язку, що забезпечує їхню доступність, масштабованість та ефективність.

Важливою перевагою автоматизованих систем є можливість інтеграції з мобільними додатками, месенджерами або веб-сервісами, що значно підвищує зручність їх використання, оскільки користувач зможе отримати дзвінок на обраний месенджер чи повідомлення аби відреагувати на наявність електрики, що може бути важливим при відключеннях які зображені на рисунку 1, коли

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для певних абонентів електроживлення повинні увімкнути з другої години ночі, як зображено для черг 4.1 та 4.2. Часто ввімкнення відбуваються не за розкладом, через що користувач може спати очікуючи на будильник виставлений на заявлений час увімкнення, чи навпаки, будильник розбудить користувача, але світло ввімкнеться пізніше.

Графік погодинних відключень на 27.01.2026



Опубліковано 26.01.2026

Причинами запровадження графіків обмежень є систематичні ворожі атаки на енергетичну інфраструктуру країни

Рисунок 1 – Графік вимкнення світла

Автоматизованої системи відстеження та сповіщення про відключення та увімкнення електрики буде здатна повідомити та розбудити користувача про увімкнення електроживлення та дозволить більше спати чи працювати, або вести статистику відключень, у ситуаціях коли життя перетворюється на дві години роботи та шість темряви.

Метою бакалаврської роботи є розробка автоматизованої системи відстеження та сповіщення про відключення та увімкнення електроенергії, яка забезпечує надійний моніторинг стану електроживлення та своєчасну передачу інформації користувачу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати існуючі підходи та засоби моніторингу електропостачання;
- визначити функціональні та технічні вимоги до системи;
- обрати апаратно-програмну платформу для реалізації;
- розробити структурну схему та алгоритм роботи системи;
- реалізувати прототип автоматизованої системи;
- провести тестування та оцінку ефективності її роботи.

Об'єктом дослідження є процес моніторингу стану електропостачання в умовах нестабільної роботи енергомережі.

Предметом дослідження є методи та засоби автоматизованого визначення наявності електроенергії та організації систем сповіщення користувачів.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості застосування розробленої системи для підвищення ефективності використання часу в умовах обмеженого електропостачання, а також для підвищення рівня інформованості користувачів про стан електромережі його будинку в реальному часі.

					<i>КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ</i>	Арк.
						8
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Аналіз існуючих методів моніторингу електропостачання

Моніторинг та сповіщення про стан електропостачання конкретного приміщення є малорозвиненим через порівняну високу цінову витрату на збір системи, через що не дивлячись на умови нестабільної роботи енергетичної інфраструктури багато користувачів обирають павербанки.

Існуючі методи контролю наявності електроенергії можна класифікувати за трьома ознаками:

- принципом отримання інформації;
- рівнем автоматизації;
- способом обробки даних.

За принципом отримання інформації найчастіше використовують інформаційно-аналітичні методи, які зосереджені на використанні зовнішніх джерел інформації, таких як офіційні графіки відключень, веб-ресурси енергетичних компаній або мобільні застосунки. Основною перевагою таких методів є відсутність необхідності у додатковому обладнанні і простий хостинг. Проте їх точність є обмеженою через розглянуті у вступі можливі відхилення від запланованих графіків, а також затримки в оновленні інформації [1-3].

Другою групою за принципом отримання інформації є методи прямого вимірювання параметрів електромережі, що передбачають використання датчиків напруги або струму. У цьому випадку контроль здійснюється безпосередньо у будинку користувача шляхом під'єднання приладу в розетку, що забезпечує високу достовірність даних та швидкість отримання інформації. Такі системи здатні фіксувати як момент відключення, так і відновлення електропостачання, що є важливим для користувача у розглянутому завданні.

Окрему категорію становлять мережеві системи моніторингу, які базуються на концепції інтернету речей. У таких системах дані з датчиків

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

передаються через контролер або хмарним платформ, де відбувається їх подальша обробка, зберігання та аналіз. Це дозволяє реалізувати функції віддаленого доступу, статистичного аналізу та прогнозування [4,5].

Для найкращого сповіщення користувача найбільш ефективними є методи, засновані на прямому вимірюванні параметрів електромережі з подальшою автоматизованою передачею даних користувачу, як приклад - розумний вимикач з віддаленим керуванням TuYa KowSi зображений на рисунку 1.1, який виконує функцію запобіжника але має вбудований Wi-Fi здатний повідомляти користувача про відключення після створення модифікованого додатку який здатен зреагувати на зміну споживання на нуль чи навпаки різке зростання навантаження з нуля. Саме такі підходи доцільно використовувати при розробці системи відстеження електропостачання [6-11].



Рисунок 1.1 - Розумний вимикач з віддаленим керуванням TuYa KowSi

Також варто виділити гібридні підходи, які поєднують використання локальних вимірювань і зовнішніх інформаційних джерел. Наприклад, система

може використовувати офіційні графіки як додатковий контекст, одночасно здійснюючи фактичний контроль стану електромережі та ведучи статистику якості сповіщення користувачів.

1.2 Огляд сучасних технічних засобів реалізації систем моніторингу

Реалізація автоматизованих систем відстеження електропостачання базується на використанні сучасних компонентів, які забезпечують вимірювання, обробку та передачу інформації. Ключовим елементом системи є мікроконтролер, який виконує функції керування, обробки сигналів та взаємодії з іншими компонентами. Найбільш поширеними є платформи Arduino, ESP та Raspberry Py[12,13].

Мікроконтролери сімейства ESP мають суттєві переваги, зокрема вбудовані модулі WiFi, достатню обчислювальну потужність і низьке енергоспоживання, що робить їх оптимальними для IoT-рішень, найкращим для поставленого завдання можуть бути ESP8266, рисунок 1.2 [14-18].

Для визначення наявності електроенергії використовуються датчики напруги або модулі відстеження змінної напруги. Вони можуть бути реалізовані як у вигляді простих схем з використанням оптронів, так і у вигляді готових модулів, що забезпечують гальванічну розв'язку та безпечну взаємодію з мережею змінного струму.

У більш складних системах застосовуються також датчики струму, що дозволяють оцінювати навантаження. Також можна використовувати сам мікроконтролер під'єднаний до розетки як спосіб реакції на зміну струму, використовуючи невеличку акумуляторну батарею для живлення контролеру без мережі та запуск процесу зарядки від мережі при увімкненому живленні, на що контролер зможе відреагувати та повідомити користувача про увімкнення електроживлення через WiFi модуль або використовуючи колонки та підсилювачі [19-21].

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

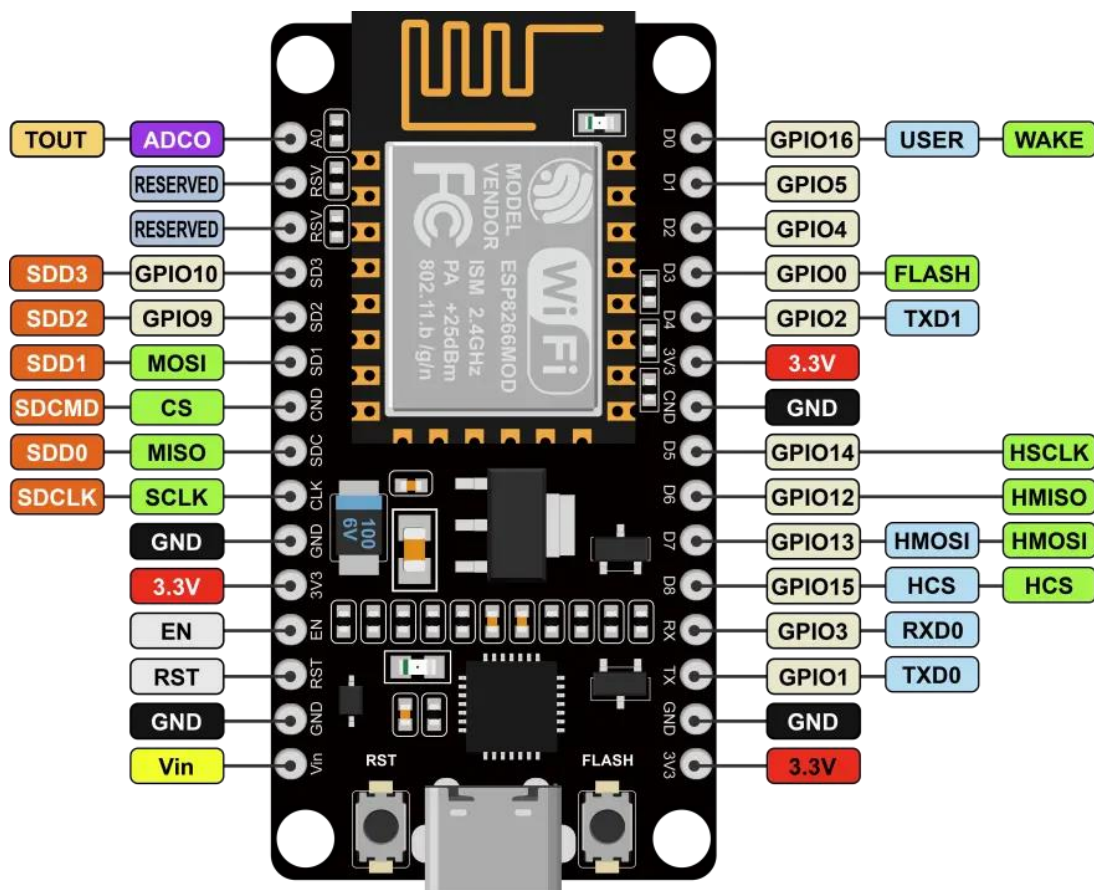


Рисунок 1.2 - ESP8266

Передача даних здійснюється за допомогою комунікаційних модулів, серед яких найбільш поширеними є:

- Wi-Fi - для підключення до локальних мереж та Інтернету;
- GSM/GPRS - для передачі даних через мобільні мережі;
- LoRa - для організації зв'язку на великі відстані з низьким енергоспоживанням.

Для обробки та зберігання інформації можуть використовуватися хмарні платформи такі як Firebase, ThingSpeak або власні серверні рішення. Вони забезпечують централізоване зберігання даних, доступ до історії подій та інтеграцію з іншими сервісами [22-27].

Інтерфейс взаємодії з користувачем реалізується через мобільні застосунки, веб-інтерфейси або месенджери. Це дозволяє забезпечити зручний доступ до інформації про стан електропостачання в режимі реального часу.

1.3 Аналіз способів сповіщення користувачів

Функція сповіщення є однією з ключових у системах моніторингу, оскільки саме вона забезпечує практичну цінність для кінцевого користувача. Ефективність сповіщення визначається швидкістю доставки повідомлення, надійністю та зручністю.

Одним із традиційних способів є SMS-сповіщення, які не потребують підключення до Інтернету та мають високу ймовірність доставки. Проте їх використання пов'язане з додатковими витратами та необхідністю використання GSM-модулів. Сучасні системи все частіше направлені та використовують інтернет-орієнтовані способи сповіщення, зокрема push повідомлення або інтеграцію з месенджерами, такими як Telegram чи Viber. Ці методи забезпечують швидку доставку повідомлень, можливість двосторонньої взаємодії та гнучкість налаштування. Email-сповіщення є доцільними для менш критичних повідомлень або ведення журналу подій але у нашому випадку вони не є доцільними через необхідність виділити окрему адресу для системи сповіщення та мати увімкненні сповіщення на поштовому додатку, на які часто приходить спам, також їх швидкість є нижчою порівняно з іншими методами та повідомлення можуть приходити з затримкою[28-30].

Найпростішим є спосіб використання локальних способів індикації, такі як світлодіодні індикатори або звукові сигнали. Вони є ефективними у випадках, коли користувач знаходиться безпосередньо поруч із пристроєм, найкраще підходять якщо система розташована в кімнаті в якій користувач спить чи перебуває більшу частину дня.

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У сучасних умовах найбільш доцільним є комбіноване використання кількох методів сповіщення, що дозволяє підвищити надійність системи та забезпечити доставку інформації за різних умов функціонування.

1.4 Огляд способів живлення системи

Забезпечення надійного та безперервного живлення є одним із ключових аспектів при розробці автоматизованої системи відстеження та сповіщення про стан електропостачання. Особливість даної системи полягає в тому, що вона повинна функціонувати навіть у моменти відсутності основного електроживлення, тобто в умовах, в яких система повинна працювати для сповіщення користувача. Подібна вимога зумовлює необхідність застосування резервних або автономних джерел живлення.

Існує кілька основних підходів до організації живлення подібних систем. Першим є живлення від мережі з використанням резервного джерела, акумулятору. У цьому випадку система працює від стандартної електромережі, а у разі відключення автоматично переходить на резервне живлення.

Як резерв можуть використовуватися акумуляторні батареї або джерела безперебійного живлення (UPS). Перевагою такого підходу є стабільність роботи при наявності електроенергії та автоматичне перемикання в аварійних умовах. Недоліком є обмежений час автономної роботи, який залежить від ємності акумулятора, але при використанні ESP для сповіщення система буде споживати значну кількість електроенергії лише в моменти увімкнення світла для сповіщення користувача та в момент вимкнення для передачі інформації на сервер про втрату електроживлення від мережі [31-33].

Другим підходом є використання акумуляторних джерел живлення як основних, рисунок 1.3. У цьому випадку система постійно живиться від акумулятора, який періодично заряджається при наявності електроенергії. Такий підхід дозволяє уникнути затримок при перемиканні живлення та

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

забезпечує безперервність роботи. Однак він вимагає ефективної системи керування зарядом і розрядом акумулятора [34-35].

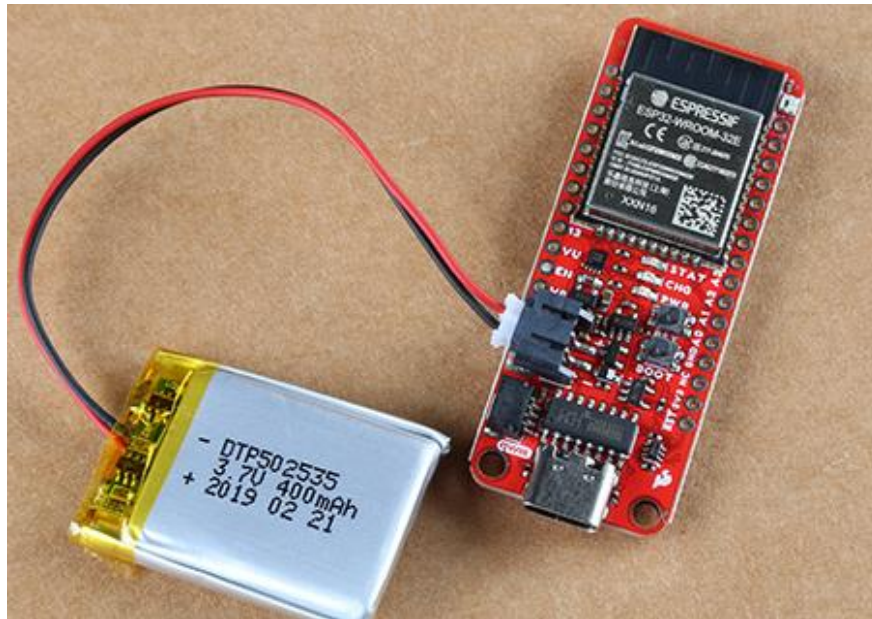


Рисунок 1.3 – приклад живлення ESP від акумуляторної батареї

Третім варіантом є застосування портативних джерел живлення, таких як павербанки. Це просте та доступне рішення, яке не потребує складних схем керування. Проте його використання обмежене ємністю пристрою та необхідністю ручного увімкнення павербанку на зарядку, оскільки не рекомендується залишати павербанк працювати як безперебійник протягом довгого періоду часу, хоча теоретично використовуючи павербанк для живлення ESP навантаження буде мінімальним і павербанк не повинен швидко деградувати за умови постійного живлення від мережі [36].

Окремо слід розглянути альтернативні джерела енергії, зокрема сонячні панелі, у поєднанні з акумуляторами вони можуть забезпечити повністю автономну роботу системи. Такий підхід є перспективним для віддалених або автономних об'єктів, однак потребує додаткових витрат та залежить від погодних умов і позиціонування [37,38].

Важливим аспектом є також оптимізація енергоспоживання системи. Використання енергоефективних мікрофонів, режимів сну, оптимізованих алгоритмів обробки даних та передачі інформації дозволяє значно збільшити тривалість автономної роботи. Крім того, необхідно враховувати питання стабілізації напруги та захисту компонентів. Для цього застосовуються стабілізатори напруги, перетворювачі, а також схеми захисту від короткого замикання та глибокого розряду акумулятора [39,40].

Таким чином, вибір способу живлення системи залежить від вимог до автономності, вартості, складності реалізації та умов експлуатації. Для задачі відстеження електропостачання доцільним є використання комбінованого підходу, що поєднує живлення від мережі та резервне акумуляторне джерело як на рисунку 1.4, використовуючи акумулятор та одночасно заряджаючи або використовувати їх в паралельному підключенні, що забезпечує безперервність функціонування системи в будь-яких умовах.

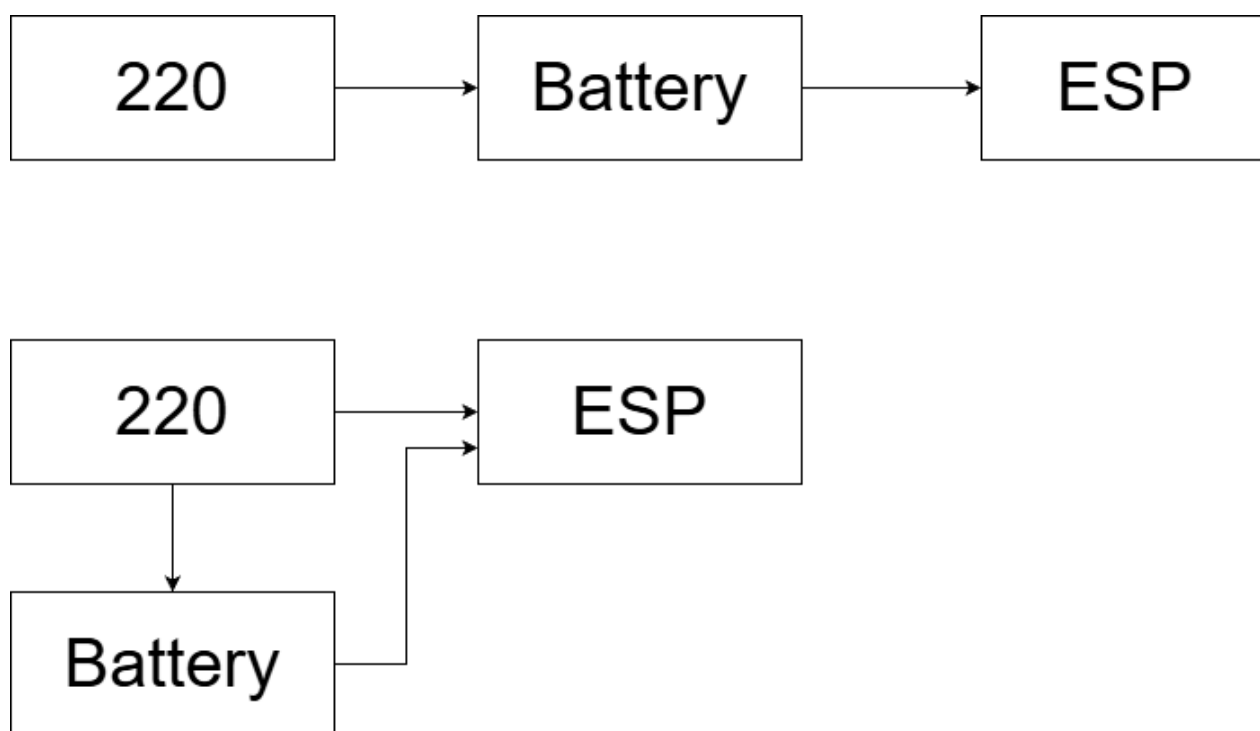


Рисунок 1.4 – блок схема використання акумуляторної батареї та мережі для живлення ESP

1.5 Висновки до першого розділу

У результаті проведеного дослідження предметної області та аналізу існуючих підходів до моніторингу електропостачання встановлено, що на сьогоднішній день відсутні широко розповсюджені доступні рішення для індивідуального використання, що зумовлено відносно високою вартістю їх реалізації. Це призводить до того, що значна частина користувачів обмежується використанням лише резервних джерел живлення, таких як павербанки, без отримання актуальної інформації про стан електромережі.

У ході аналізу методів моніторингу визначено, що інформаційно-аналітичні підходи, незважаючи на простоту реалізації, не забезпечують достатньої точності та оперативності. Натомість методи, засновані на прямому вимірюванні параметрів електромережі, дозволяють отримувати достовірну інформацію в реальному часі безпосередньо в точці споживання.

Найбільш перспективними є рішення, що поєднують вимірювання з використанням мережевих технологій та концепції інтернету речей.

Розгляд сучасних технічних засобів показав, що використання мікроконтролерів, зокрема сімейства ESP, є доцільним завдяки їхній доступності, наявності вбудованих засобів бездротового зв'язку та достатній обчислювальній потужності. Застосування датчиків напруги, комунікаційних модулів та хмарних сервісів дозволяє реалізувати повноцінну систему моніторингу з можливістю віддаленого доступу а також зберігання даних.

Аналіз способів сповіщення користувачів підтвердив доцільність використання інтернет-орієнтованих каналів передачі повідомлень, зокрема месенджерів та push-сповіщень, які забезпечують високу швидкість доставки та зручність використання. При цьому комбінування кількох каналів сповіщення дозволяє підвищити надійність функціонування системи, об'єднавши використання сповіщень в месенджері та сповіщень використовуючи динаміки під'єднані до контролеру.

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Окрему увагу приділено способам живлення системи, де було визначено, що ключовою вимогою є забезпечення працездатності системи під час відсутності основного електроживлення. Найбільш доцільним є використання комбінованого підходу, що поєднує живлення від мережі з резервним акумуляторним джерелом, а також впровадження методів енергозбереження.

Таким чином, за результатами проведеного аналізу сформовано основні вимоги до розроблюваної системи:

- використання прямого контролю наявності електроенергії;
- застосування енергоефективної апаратної платформи з бездротовим зв'язком;
- забезпечення автономності живлення та реалізація надійної системи сповіщення.

Отримані висновки є основою для подальшого проектування та реалізації автоматизованої системи відстеження та сповіщення про відключення та увімкнення електроенергії.

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ВІДСТЕЖЕННЯ ТА СПОВІЩЕННЯ ПРО ВІДКЛЮЧЕННЯ ЕЛЕКТРИКИ

2.1 Розробка блок схеми системи відстеження та сповіщення про відключення електрики

Для реалізації системи відстеження та сповіщення про відключення електрики доцільно використовувати одноплатні мікрокомп'ютери, які мають достатню обчислювальну потужність, підтримують мережеві технології та дозволяють інтегрувати різні апаратні модулі. Одним із найбільш поширених пристроїв цього класу є Raspberry Pi 3.

Даний мікрокомп'ютер має вбудований модуль WiFi, підтримує операційну систему Linux та дозволяє реалізувати програмні алгоритми моніторингу і передачі повідомлень через мережу інтернет.

У запланованій системі Raspberry Pi 3 використовується як центральний обчислювальний модуль, який постійно підключений до електромережі через стандартний блок живлення [41-43].

Факт відключення електроенергії визначається безпосередньо за зникненням живлення від мережі. У момент, коли напруга мережі зникає, блок живлення перестає подавати енергію на пристрій, і система переходить на автономне живлення від акумулятора. Саме момент перемикання джерела живлення використовується як сигнал для фіксації аварійної події, що в свою чергу дозволяє зекономити на додаткових датчиках, оскільки ми завжди будемо знати чи є живлення від мережі чи воно відсутнє самим простим та доступним способом, що дозволить зробити розроблювану систему для реагування на відключення світла максимально доступною.

Блок схема системи відстеження та сповіщення про відключення електропостачання зображена на рисунку 2.1 та складається з декількох основних функціональних блоків:

- мережевий блок живлення;

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- модуль керування зарядом акумулятора;
- акумуляторне джерело живлення;
- живлення від мережі;
- мікрокомп'ютер Raspberry Pi 3;
- мережевий маршрутизатор або точка доступу;
- користувацький пристрій для отримання повідомлень
- динамік.

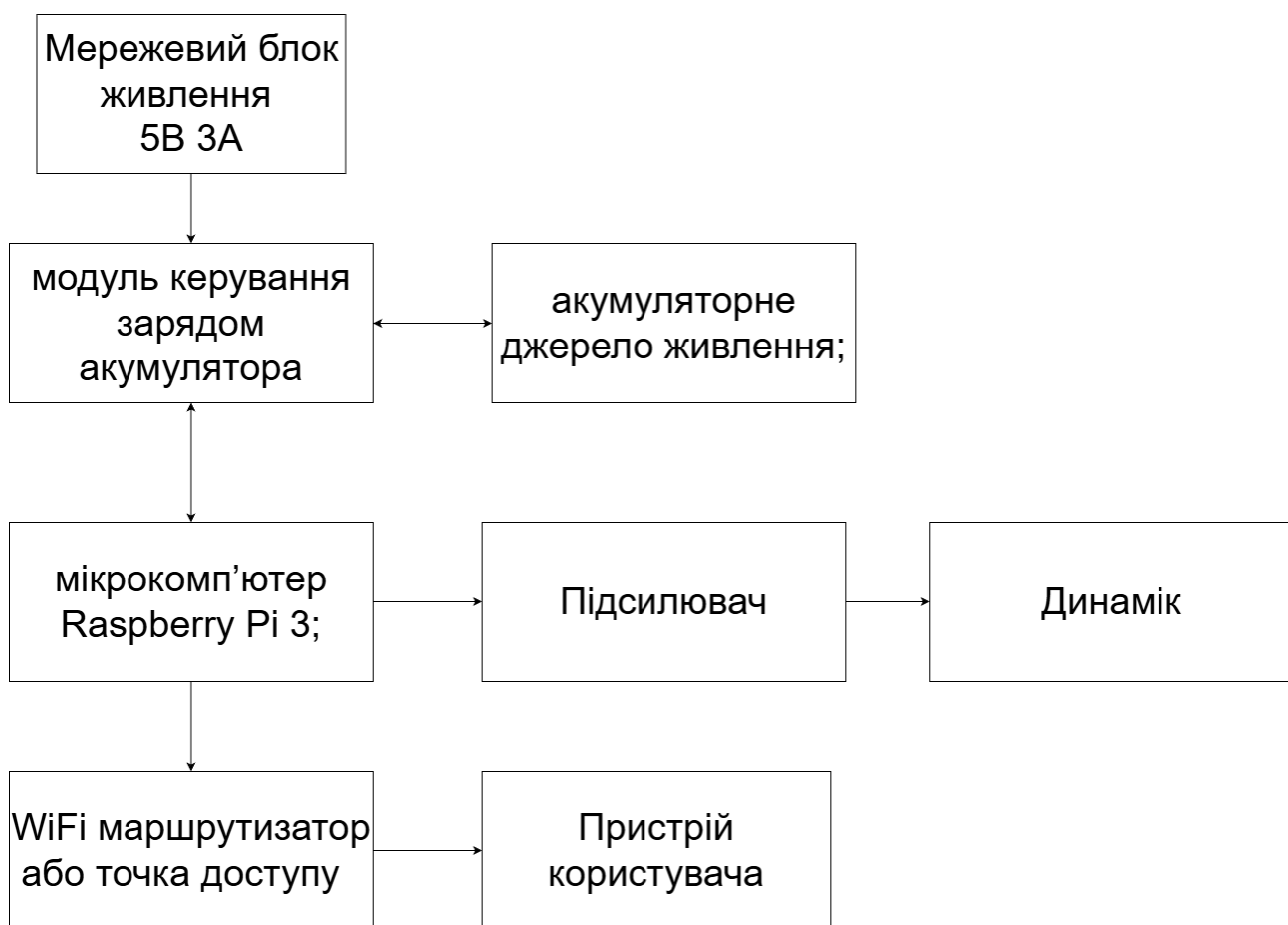


Рисунок 2.1 – Блок схема системи відстеження та сповіщення про відключення електрики

Найпростіша збірка системи може функціонувати без динаміку чи підсилювачів, використовуючи для сповіщення користувача лише мобільний телефон та месенджер.

Складніша версія передбачає використання динаміків або світлодіодів для сповіщення користувача про зникнення або увімкнення світла, що в свою чергу підвищить ймовірність своєчасної реакції користувачем.

Додатково можна зібрати схему яка б складалася з датчиків вимірювання напруги та струму, як зображено на рисунку 2.2, подібна модифікація дозволить не лише відстежувати чи є світло чи воно зникло, але і відстежувати стан мережі а також стабільність напруги.

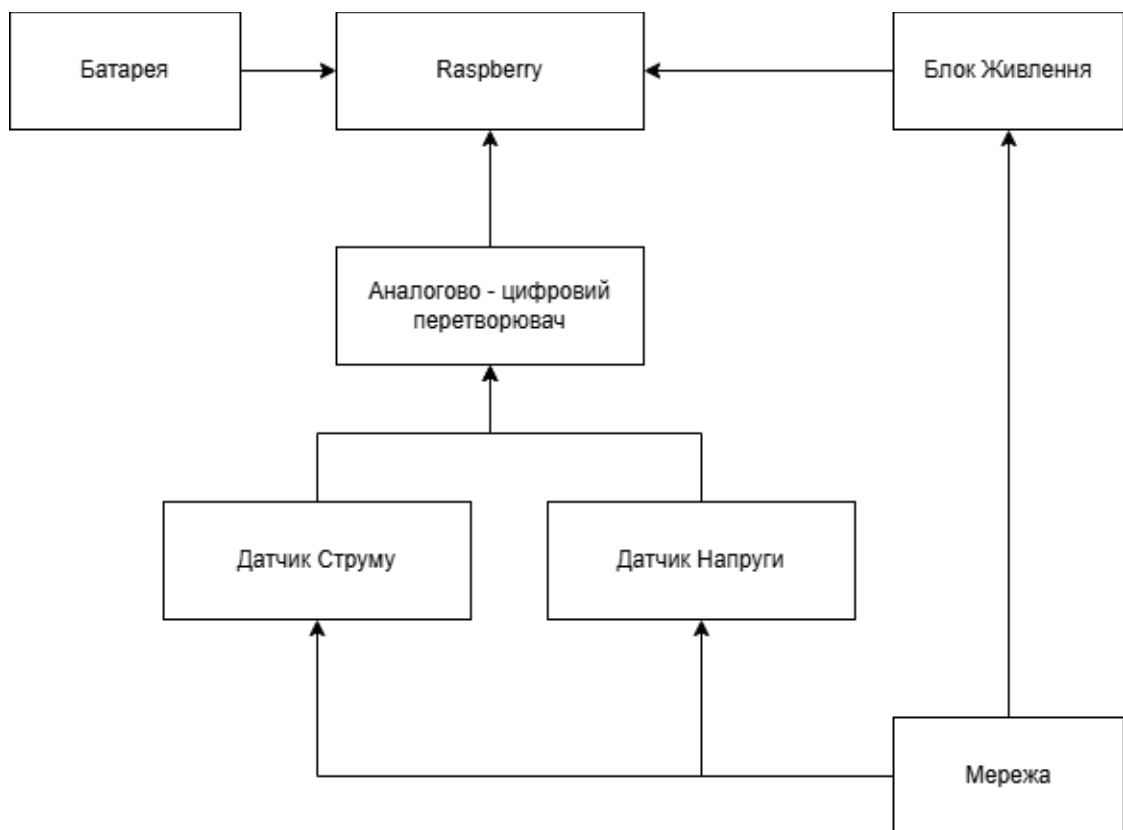


Рисунок 2.2 – Блок схема системи відстеження та сповіщення про відключення електрики з використанням датчиків струму та напруги

2.2 Вибір елементів для системи відстеження та сповіщення про відключення електрики

Під час розробки системи відстеження та сповіщення про відключення електропостачання важливим етапом є вибір апаратних компонентів, які

забезпечують стабільну роботу пристрою, можливість обробки даних та передачі повідомлень через мережу.

При підборі елементів необхідно враховувати такі фактори, як надійність, енергоспоживання, доступність компонентів, а також сумісність між окремими елементами системи і середовищем розробки.

Запропонована система складається з декількох основних апаратних компонентів: мікрокомп'ютера, джерела живлення, акумуляторного модуля, акумулятора та засобів мережевого зв'язку. Нижче наведено обґрунтування вибору кожного з елементів.

2.2.1 Вибір обчислювального модуля

Як центральний обчислювальний елемент системи було обрано мікрокомп'ютер Raspberry Pi 3 Model B, наведений на рисунку 2.3. Даний пристрій є одноплатним комп'ютером, який широко використовується у системах автоматизації, робототехніці, системах моніторингу та проєктах Інтернету речей (IoT).

Під час вибору апаратної платформи було розглянуто декілька можливих варіантів, зокрема Arduino Uno, ESP32 та Raspberry Pi 3 Model B. Платформа Arduino Uno характеризується низькою вартістю та простотою програмування, проте має обмежені обчислювальні ресурси, відсутність вбудованих засобів мережевої взаємодії та не підтримує повноцінну операційну систему. Це ускладнює реалізацію функцій обробки даних, взаємодії з хмарними сервісами та запуску складного програмного забезпечення.

Мікроконтролер ESP32 також є популярним рішенням для IoT-проєктів завдяки наявності вбудованих модулів Wi-Fi та Bluetooth, низькому енергоспоживанню і невисокій вартості. Однак його можливості щодо обробки

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

великих обсягів даних, роботи з базами даних та виконання багатозадачних програм є обмеженими порівняно з одноплатними комп'ютерами.

На відміну від зазначених платформ, Raspberry Pi 3 Model B має значно вищу продуктивність, оснащений чотириядерним процесором ARM Cortex-A53 із тактовою частотою 1,2 ГГц та 1 ГБ оперативної пам'яті. Це дозволяє використовувати повноцінну операційну систему Linux і реалізовувати складні алгоритми обробки даних, веб-сервери, бази даних та хмарні сервіси без залучення додаткового обладнання.

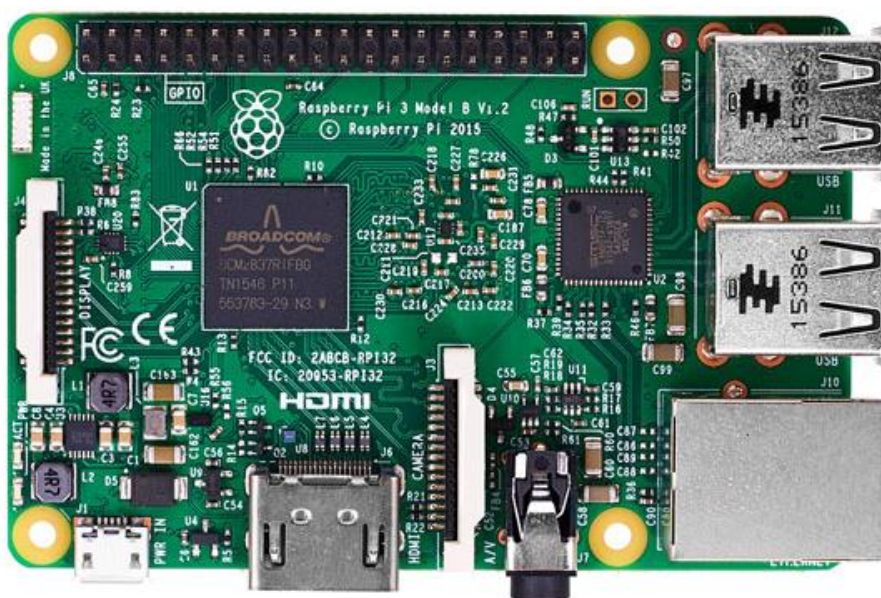


Рисунок 2.3 - Raspberry Pi 3 Model

Вибір саме Raspberry Pi 3 Model B також обумовлений наявністю вбудованого модуля Wi-Fi, який забезпечує бездротове підключення до мережі Інтернет та передачу даних без використання зовнішніх комунікаційних модулів. Крім того, пристрій оснащений інтерфейсами Ethernet, USB, GPIO, I2C, SPI та UART, що значно розширює можливості підключення різноманітних датчиків і периферійних пристроїв.

Важливою перевагою Raspberry Pi є широка програмна підтримка та велика спільнота користувачів. Для даної платформи доступна значна кількість

бібліотек для роботи з датчиками, мережевими протоколами, базами даних та хмарними сервісами. Це дозволяє скоротити час розробки та спростити реалізацію системи моніторингу електроживлення.

Таким чином, Raspberry Pi 3 Model B є оптимальним вибором для реалізації системи моніторингу та керування електроживленням, оскільки поєднує достатню обчислювальну потужність, розвинені мережеві можливості, підтримку сучасного програмного забезпечення та простоту інтеграції з вимірювальними пристроями [44-46].

2.2.2 Вибір джерела мережевого живлення

Для живлення Raspberry Pi використовується стандартний мережевий адаптер Raspberry Pi Official Power Supply 5B 2.5A, рисунок 2.4, який перетворює 220В мережі у стабілізовану напругу 5 В, хоча бідієде любий доступний блок живлення на 5В та до 3А.

Основні характеристики адаптера:

- вихідна напруга - 5 В;
- максимальний струм - 2.5 А;
- тип роз'єму - micro-USB;

захист від перевантаження та короткого замикання.

Використання офіційного блока живлення дозволяє забезпечити стабільну роботу Raspberry Pi навіть при підключенні додаткових периферійних пристроїв та дозволяє бути впевненим у заявлених параметрах, які часто відрізняються та є нестабільними у підроблених чи дешевих блоках живлення.

Використання офіційного блока живлення дозволяє забезпечити стабільну роботу Raspberry Pi навіть при підключенні додаткових периферійних пристроїв та дозволяє бути впевненим у заявлених параметрах, які часто відрізняються та є нестабільними у дешевих або неякісних блоках живлення.

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час вибору джерела живлення важливо враховувати особливості роботи Raspberry Pi. Мікрокомп'ютер є чутливим до зниження напруги живлення, тому навіть короточасне падіння напруги нижче допустимого рівня може призвести до нестабільної роботи операційної системи, помилок запису на карту пам'яті або перезавантаження пристрою. Особливо це актуально при одночасному використанні модулів Wi-Fi, USB-пристроїв, датчиків та інших периферійних компонентів.



Рисунок 2.4 - Raspberry Pi Official Power Supply

Для реалізації системи моніторингу електропостачання було розглянуто декілька можливих варіантів джерел живлення, які наведені у таблиці 2.1.

З огляду на призначення розроблюваної системи особливе значення має надійність роботи. Оскільки система повинна продовжувати функціонувати під час аварійних відключень електроенергії та коректно визначати момент зникнення напруги в мережі, основне джерело живлення повинно забезпечувати стабільні параметри у штатному режимі роботи. Саме тому для базової конфігурації системи обрано офіційний адаптер Raspberry Pi.

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Таблиця 2.1 - Порівняння джерел живлення для Raspberry Pi

Тип джерела живлення	Переваги	Недоліки
Офіційний адаптер Raspberry Pi	Висока стабільність, гарантовані параметри	Вища вартість
Зарядний пристрій смартфона	Доступність та низька вартість	Можливі просадки напруги при навантаженні
USB-блок живлення	Великий вибір моделей	Якість залежить від виробника
Power Bank	Мобільність та автономність	Обмежений час роботи
UPS	Висока надійність та резервування живлення	Більша вартість та габарити

Додатковою перевагою офіційного блока живлення є наявність вбудованих схем захисту від короткого замикання, перевантаження по струму та перегріву. Це дозволяє підвищити загальну надійність системи та зменшити ризик пошкодження обладнання при виникненні аварійних ситуацій.

Таким чином, використання Raspberry Pi Official Power Supply забезпечує необхідні параметри живлення мікрокомп'ютера, гарантує стабільну роботу всієї системи моніторингу та створює основу для подальшої інтеграції резервного джерела живлення.

2.2.3 Вибір акумуляторного модуля

Для забезпечення безперервної роботи системи у разі відключення електроенергії використовується модуль керування зарядом акумулятора з функцією автоматичного перемикавання джерел живлення - Waveshare UPS HAT (B) для Raspberry Pi, рисунок 2.5.

Основні можливості модуля:

— автоматичне перемикавання між живленням від мережі та акумулятора;

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

- вбудований контролер заряду акумулятора;
- захист від перезаряду та глибокого розряду;
- можливість моніторингу стану акумулятора через інтерфейс I2C;
- стабілізоване живлення 5 В для Raspberry Pi.

Даний модуль встановлюється безпосередньо на GPIO роз'єм Raspberry Pi, що значно спрощує підключення та монтаж системи та не потребує багато місця чи складного під'єднання.

У процесі проєктування системи резервного живлення було розглянуто декілька можливих варіантів реалізації автономного живлення мікрокомп'ютера Raspberry Pi. Основними критеріями вибору були простота інтеграції, можливість автоматичного заряджання акумулятора, наявність захисту від аварійних режимів роботи, компактність конструкції та можливість моніторингу стану джерела живлення.



Рисунок 2.5 - Waveshare UPS HAT (B) для Raspberry Pi

Як альтернативу було розглянуто використання звичайних Power Bank пристроїв. Перевагою такого рішення є низька вартість та доступність компонентів. Проте більшість Power Bank не підтримують одночасний режим

заряджання та живлення навантаження (Pass Through), що може призвести до перезавантаження Raspberry Pi під час відновлення мережевого живлення.

Іншим варіантом є використання окремого контролера заряду TP4056 спільно з підвищувальним перетворювачем напруги. Таке рішення характеризується низькою вартістю та простотою реалізації, однак потребує додаткової розробки схеми автоматичного перемикавання джерел живлення та не забезпечує засобів моніторингу стану акумулятора.

Також існують спеціалізовані плати безперебійного живлення для Raspberry Pi від різних виробників, зокрема PiJuice HAT та Geekworm UPS HAT. Дані рішення мають розширений функціонал, проте їх вартість суттєво вища порівняно з Waveshare UPS HAT (B). Порівняння основних варіантів наведено у таблиці 2.2 [47,48].

Таблиця 2.2 - Порівняння модулів резервного живлення для Raspberry Pi

Модуль	Автоматичне перемикавання	Моніторинг акумулятора	Складність підключення	Вартість
Power Bank	-	-	Низька	Низька
TP4056 + DC-DC	+/-	-	Висока	Дуже низька
Geekworm UPS HAT	+	+	Низька	Висока
PiJuice HAT	+	+	Низька	Висока
Waveshare UPS HAT (B)	+	+	Низька	Середня

2.2.4 Розрахунок потужності акумулятора

Для живлення системи після відключення електроенергії використовується літій-іонний акумулятор формату 18650, які є простими та надійними, хоча якщо доступний UPS HAT тільки на літій-полімерні пакети

можна використовувати їх, але слід стежити за їх температурою та переконатися що вони заховані та не будуть випадково пошкодженні.

Акумулятори формату 18650 широко застосовуються у портативній електроніці та системах резервного живлення. Їх використання дозволяє забезпечити автономну роботу системи протягом декількох годин.

Споживання електроенергії Raspberry Pi 3 В значною мірою залежить від навантаження на процесор, активності мережевих інтерфейсів та підключених пристроїв. Якщо пристрій працює без монітора, без USB-пристроїв і виконує лише передачу невеликих пакетів даних через WiFi, споживання є відносно невеликим та приблизно становитиме до 450 мА при напрузі 5 В.

Отже потужність буде обраховуватися за формулою 2.1:

$$P = U * I, \quad (2.1)$$

де

P - потужність Вт;

U - напруга живлення В;

I - струм споживання А.

Для розглянутої системи буде отримано формулу

$$P = 5V * 0.45A,$$

Таким чином, при роботі у режимі передачі невеликих пакетів даних система споживає приблизно до 2.5 Вт. Якщо використовується акумулятор 18650 ємністю 3000 мА·год, енергія, яку може накопичити акумулятор можна визначити відповідно до формули 2.2.

$$E = U_a * C, \quad (2.2)$$

де

E - енергія, яку може накопичити акумулятор;

U_a - номінальна напруга акумулятора;

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

C - ємність акумулятора.

Підставивши параметри акумуляторної батарейки отримаємо енергію, яку може накопичити акумулятор $3.7 * 3 = 11.1$ Вт·год. Але при використанні Waveshare UPS HAT (B) для Raspberry Pi система буде мати дві паралельно з'єднані акумуляторні батарейки, отже використовуючи правила додавання ємностей акумуляторів можна стверджувати, що при паралельному з'єднанні акумуляторів їх напруга залишається однаковою, а ємності додаються, тому при підстановці:

$$E = 3.7 \text{ В} * (3 \text{ мА} \cdot \text{год} + 3 \text{ мА} \cdot \text{год}) = 22.2 \text{ Вт} * \text{год}.$$

Врахування ефективності перетворювача Waveshare UPS HAT (B), який використовує підвищувальний DC-DC перетворювач для формування стабілізованої напруги 5 В, стандартний коефіцієнт корисної дії таких перетворювачів становить 90 %.

Таким чином корисна енергія після перетворення буде становити 20 Вт*год, а час автономної роботи системи визначається за формулою 2.3:

$$t = \frac{E_e}{P} \quad (2.3)$$

При підставці параметрів використаних елементів буде отримано –

$$t = \frac{20 \text{ Вт} * \text{год}}{2.25 \text{ Вт}} = 8.9 \text{ год}$$

Таким чином система яка використовує дві акумуляторні літій-іонний батарейки формату 18650 зможе пропрацювати майже 9 годин, що можна покращити додавши більшу затримку перед повторним обміном пакетами даних що збільшить час роботи майже вдвічі відповідно до документації Raspberry Pi 3B, також існує можливість використовувати більшу кількість

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

аккумуляторних батарейок, але в такому випадку слід враховувати що час зарядки також збільшиться.

2.2.5 Підбір датчиків

Для забезпечення функцій моніторингу параметрів електроживлення в розроблюваній системі необхідно здійснювати вимірювання струму навантаження та подальше перетворення аналогових сигналів у цифрову форму для обробки мікрокомп'ютером Raspberry Pi. З цією метою було обрано трансформатор струму SCT-013 та аналого-цифровий перетворювач ADS1115.

Для вимірювання струму навантаження використовується трансформатор струму SCT-013, зовнішній вигляд якого наведено на рисунку 2.6. Даний датчик належить до безконтактних вимірювальних пристроїв і працює за принципом електромагнітної індукції. Вимірювання здійснюється шляхом охоплення провідника струмовим трансформатором без необхідності безпосереднього підключення до електричного кола.



Рисунок 2.6 – SCT 013

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Основною перевагою SCT-013 є наявність гальванічної розв'язки між силовою мережею та вимірювальною системою, що значно підвищує безпеку експлуатації обладнання, крім того, встановлення датчика не потребує розриву електричного кола, що спрощує монтаж та обслуговування системи.

До основних переваг датчика SCT-013 належать:

- - безконтактний спосіб вимірювання струму;
- - висока електробезпека завдяки гальванічній розв'язці;
- - простота встановлення та експлуатації;
- - можливість роботи з великими струмами навантаження;
- - невисока вартість.

Разом із перевагами датчик має і певні недоліки:

- - працює лише з колами змінного струму;
- - точність вимірювання залежить від калібрування системи;
- - можливі похибки при малих значеннях струму;
- - необхідність додаткової схеми обробки сигналу.

Незважаючи на зазначені недоліки, SCT-013 є одним із найбільш поширених рішень для побудови систем моніторингу електроспоживання та енергоменеджменту. Його використання дозволяє забезпечити достатню точність вимірювання струму при низькій вартості реалізації проекту.

Для визначення діючого значення струму використовується середньоквадратичне значення (RMS), яке обчислюється за формулою 2.4.

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I_i^2} \quad (2.4)$$

де

I_i – миттєве значення струму;

N – кількість вибірок.

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Використання RMS-значення дозволяє визначити еквівалентне значення постійного струму, яке забезпечує таку саму теплову дію, як і змінний струм. Сигнал з виходу датчика має низький рівень напруги, тому перед подачею на аналого-цифровий перетворювач він проходить через схему узгодження та зміщення рівня сигналу.

2.2.6 Підбір АЦП

Оскільки одноплатний комп'ютер Raspberry Pi не оснащений вбудованими аналоговими входами, для підключення аналогових датчиків необхідно використовувати зовнішній аналого-цифровий перетворювач, для цієї задачі було обрано модуль ADS1115, зовнішній вигляд якого наведено на рисунку 2.7.

ADS1115 є 16-розрядним аналого-цифровим перетворювачем із високою точністю вимірювань та підтримкою інтерфейсу I²C. Пристрій дозволяє підключати до чотирьох аналогових каналів та забезпечує цифрову передачу результатів вимірювання до Raspberry Pi.

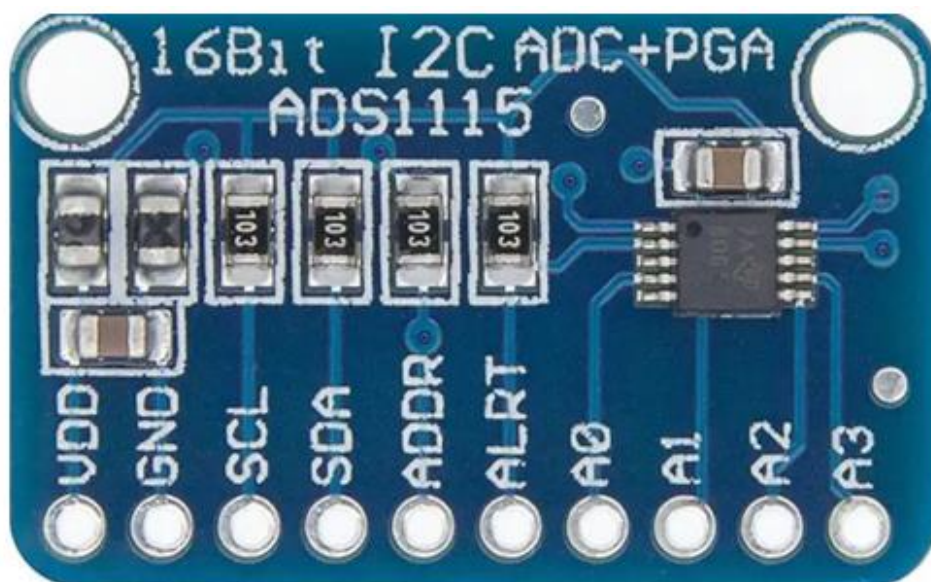


Рисунок 2.7 - Аналогово-цифровий перетворювач ADS1115

До основних переваг ADS1115 належать:

- висока роздільна здатність 16 біт;
- підтримка чотирьох аналогових входів;
- простота підключення через інтерфейс I²C;
- низьке енергоспоживання;
- висока точність вимірювань;
- сумісність із Raspberry Pi та іншими мікроконтролерами.
- Серед недоліків можна виділити:
- відносно невисоку швидкість перетворення порівняно з

промисловими АЦП;

- необхідність використання додаткових бібліотек для програмної взаємодії;
- обмеження за максимальною вимірюваною напругою на входах.

Вибір ADS1115 обумовлений його високою точністю, доступністю та широким використанням у системах моніторингу енергоспоживання. Поєднання даного аналого-цифрового перетворювача з датчиком SCT-013 дозволяє реалізувати надійний вузол збору даних про параметри електричної мережі та забезпечити подальшу обробку інформації засобами Raspberry Pi.

Таким чином, використання трансформатора струму SCT-013 та аналого-цифрового перетворювача ADS1115 дозволяє забезпечити безпечне та достатньо точне вимірювання параметрів електромережі.

Обрані компоненти характеризуються низькою вартістю, простотою інтеграції та сумісністю з платформою Raspberry Pi, що робить їх доцільними для використання у складі системи моніторингу та керування електроживленням, додатковою перевагою є їх розповсюдженість та велику кількість аналогів які легко можуть замінити, також через стандартні роз'єми та виходи кожного модулю, при модифікації виходи та логіка підключення залишаються тими самими, через що не доведеться вносити змін в схему підключення чи код.

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Дослідження IoT-систем моніторингу енергоспоживання на базі Raspberry Pi

Стрімкий розвиток технологій Інтернету речей (Internet of Things, IoT) сприяв появі великої кількості систем моніторингу та керування енергоспоживанням. Основною особливістю таких систем є можливість автоматизованого збору даних з фізичних пристроїв, їх передача через мережу Інтернет та подальша обробка на віддалених серверах або хмарних платформах. Завдяки цьому користувач отримує доступ до інформації про стан обладнання та параметри електромережі незалежно від власного місцезнаходження.

У сфері енергетики IoT-технології широко застосовуються для моніторингу електроспоживання житлових будинків, офісних приміщень, промислових об'єктів та систем резервного електроживлення. Використання таких рішень дозволяє отримувати оперативну інформацію про стан мережі, виявляти аварійні ситуації, аналізувати статистику споживання електроенергії та своєчасно реагувати на зміни режимів роботи електрообладнання.

Однією з найпоширеніших платформ для побудови IoT-систем є Raspberry Pi. Даний мікрокомп'ютер поєднує достатню обчислювальну потужність, підтримку сучасних мережевих технологій та можливість роботи під керуванням операційної системи Linux. Завдяки наявності вбудованого мережевого інтерфейсу Raspberry Pi може забезпечувати взаємодію з хмарними сервісами, базами даних та системами віддаленого моніторингу без використання додаткового обладнання.

Класична IoT-система моніторингу енергоспоживання на базі Raspberry Pi складається з трьох основних рівнів: рівня збору даних, рівня обробки інформації та рівня віддаленого доступу.

На першому рівні здійснюється отримання даних від вимірювальних пристроїв та датчиків а також обмін з сервером.

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Другий рівень представлений мікрокомп'ютером Raspberry Pi, який виконує обробку отриманої інформації та передачу її до зовнішніх сервісів.

Третій рівень складається з хмарної платформи та користувацького інтерфейсу, через які забезпечується моніторинг та аналіз даних.

Блок-схему типової IoT-системи моніторингу електроспоживання на базі Raspberry Pi наведено на рисунку 2.8.

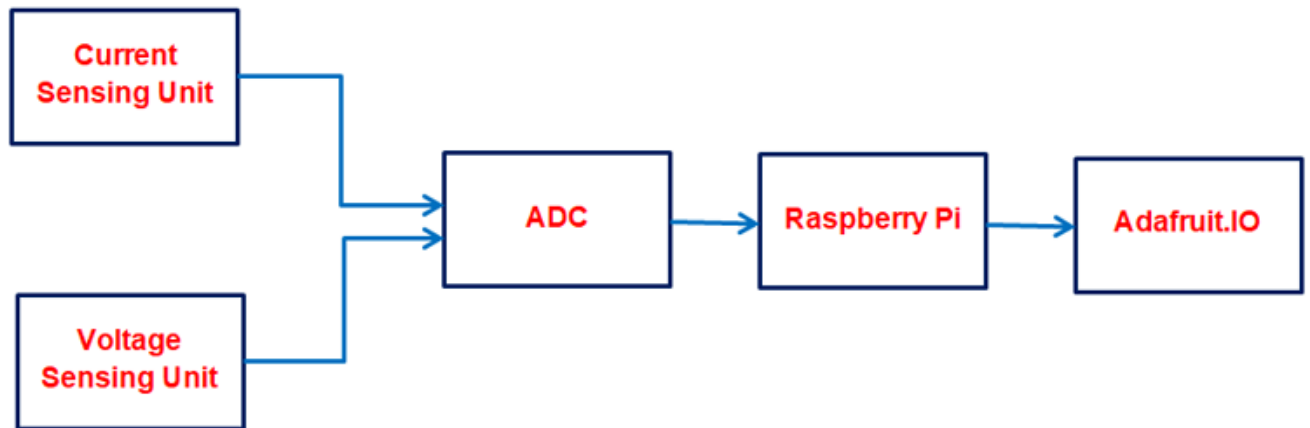


Рисунок 2.8 – Блок-схема системи контролю електроенергії на базі Raspberry Pi

Після отримання даних від вимірювальних пристроїв Raspberry Pi виконує їх первинну обробку, перевірку коректності та формування пакетів даних для передачі через мережу Інтернет. Отримана інформація надсилається до хмарного сервісу, де може зберігатися протягом тривалого часу та використовуватися для побудови графіків, формування звітів і виявлення аномальних режимів роботи системи.

Важливою перевагою IoT-підходу є можливість реалізації віддаленого моніторингу в режимі реального часу. У випадку виникнення аварійної ситуації, наприклад зникнення електроживлення, перевищення допустимих параметрів мережі або відмови обладнання, система може автоматично формувати повідомлення та надсилати їх користувачеві через електронну пошту, мобільні застосунки або спеціалізовані сервіси сповіщень.

Для передачі інформації в IoT-системах можуть використовуватися різноманітні мережеві протоколи, серед яких найбільш поширеними є HTTP, MQTT та WebSocket. Вибір конкретного протоколу залежить від вимог до швидкодії системи, обсягу передаваних даних та особливостей використовуваної хмарної платформи.

Значна кількість сучасних IoT-рішень використовує хмарні сервіси для зберігання та аналізу даних. Це дозволяє організувати централізований доступ до інформації, забезпечити її архівування та виконувати аналіз енергоспоживання за тривалий проміжок часу. Крім того, хмарні технології спрощують масштабування системи та підключення нових пристроїв без необхідності внесення суттєвих змін до існуючої інфраструктури.

Разом із перевагами IoT-системи мають і певні недоліки, до них належать залежність від доступності мережі Інтернет, необхідність забезпечення кібербезпеки та захисту даних, а також можливі затримки під час передачі інформації через хмарні сервіси. Проте для задач моніторингу електроживлення такі обмеження не є критичними та компенсуються широкими функціональними можливостями системи [49-50].

Таким чином, використання Raspberry Pi у складі IoT-систем моніторингу енергоспоживання дозволяє реалізувати гнучке та масштабоване рішення для збору, обробки та передачі даних про стан електромережі. Поєднання обчислювальних можливостей мікрокомп'ютера та сучасних хмарних технологій забезпечує ефективний контроль параметрів електроживлення та створює основу для побудови систем віддаленого моніторингу й сповіщення про аварійні ситуації.

2.4 Висновки до другого розділу

У другому розділі було виконано проектування автоматизованої системи відстеження та сповіщення про відключення електропостачання.

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У ході роботи розроблено структурну схему системи, визначено основні функціональні блоки та обґрунтовано вибір апаратних компонентів для реалізації запропонованого рішення.

У першому пункті було сформовано блок-схему системи, яка включає мережевий блок живлення, модуль керування зарядом акумулятора, акумуляторне джерело живлення, мікрокомп'ютер Raspberry Pi 3, мережевий маршрутизатор або точку доступу, користувацький пристрій для отримання повідомлень, а також додаткові елементи сповіщення - підсилювач та динамік. Запропонований підхід дозволяє визначати факт відключення електроенергії без використання додаткових датчиків, що значно спрощує конструкцію системи та знижує її вартість.

Фіксація події здійснюється за рахунок переходу системи з мережевого живлення на автономне.

У другому пункті розділу було проведено вибір основних апаратних компонентів системи. Як центральний обчислювальний модуль обрано мікрокомп'ютер Raspberry Pi 3 Model B, що має достатню обчислювальну потужність, підтримує операційну систему Linux та оснащений вбудованим модулем бездротового зв'язку WiFi. Це дозволяє реалізувати передачу повідомлень через мережу інтернет без використання додаткових мережевих модулів.

Таким чином, у результаті виконаного проектування було сформовано структурну основу автоматизованої системи моніторингу електропостачання, обґрунтовано вибір її основних елементів та підтверджено можливість стабільної роботи системи як від мережі, так і в автономному режимі.

					<i>КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ</i>	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ПРОГРАМНЕ ТА АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ВІДСТЕЖЕННЯ ТА СПОВІЩЕННЯ ПРО ВІДКЛЮЧЕННЯ ЕЛЕКТРИКИ

3.1 Розробка алгоритму функціонування системи відстеження та сповіщення про відключення електрики

Одним із ключових етапів розроблення автоматизованої системи відстеження та сповіщення про відключення електроенергії є створення алгоритму її функціонування. Алгоритм визначає послідовність дій програмного забезпечення під час моніторингу параметрів електромережі, обробки отриманих даних, визначення аварійних ситуацій та передачі повідомлень користувачеві.

Основною задачею системи є безперервний контроль стану електроживлення, визначення факту зникнення напруги в мережі та автоматичне формування повідомлення про аварійну ситуацію. Для реалізації даного завдання використовується мікрокомп'ютер Raspberry Pi, який отримує інформацію від вимірювальних пристроїв, виконує її аналіз та забезпечує взаємодію з хмарними сервісами.

Розроблений алгоритм функціонування системи складається з декількох послідовних етапів:

- - ініціалізація апаратних та програмних компонентів;
- - встановлення з'єднання з мережею Інтернет;
- - отримання даних від датчиків;
- - аналіз параметрів електроживлення;
- - визначення стану електромережі;
- - формування повідомлення про аварію;
- - передача повідомлення користувачу;
- - збереження інформації у хмарному сервісі;
- - повторення циклу моніторингу.

Загальний алгоритм роботи системи наведено на рисунку 3.1 та 3.2.

На початковому етапі після запуску системи виконується ініціалізація програмних бібліотек, налаштування інтерфейсів зв'язку та підключення периферійних пристроїв. Далі Raspberry Pi здійснює перевірку доступності мережевого підключення та встановлює зв'язок із хмарною платформою для подальшої передачі даних.

Після успішної ініціалізації система переходить у режим безперервного моніторингу. У цьому режимі здійснюється циклічне отримання значень напруги та струму від вимірювальних пристроїв. Отримані дані аналізуються для визначення поточного стану електромережі.

Якщо виміряна напруга знаходиться в межах допустимого діапазону, система продовжує звичайний режим роботи та періодично оновлює інформацію у хмарному сервісі. У випадку зниження напруги нижче встановленого порогового значення або її повної відсутності система ідентифікує аварійну ситуацію та переходить до процедури сповіщення користувача.

Для підвищення надійності роботи алгоритму використовується перевірка декількох послідовних вимірювань. Такий підхід дозволяє уникнути помилкових спрацьовувань, які можуть виникати внаслідок короточасних перешкод або похибок вимірювання.

Після підтвердження факту відключення електроенергії формується повідомлення, яке містить інформацію про час виникнення події та поточний стан системи.

Повідомлення надсилається користувачеві через обраний канал зв'язку, наприклад електронну пошту або хмарний сервіс сповіщень чи на месенджер, або просте сповіщення через голосового асистента чи програванням аудіо.

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

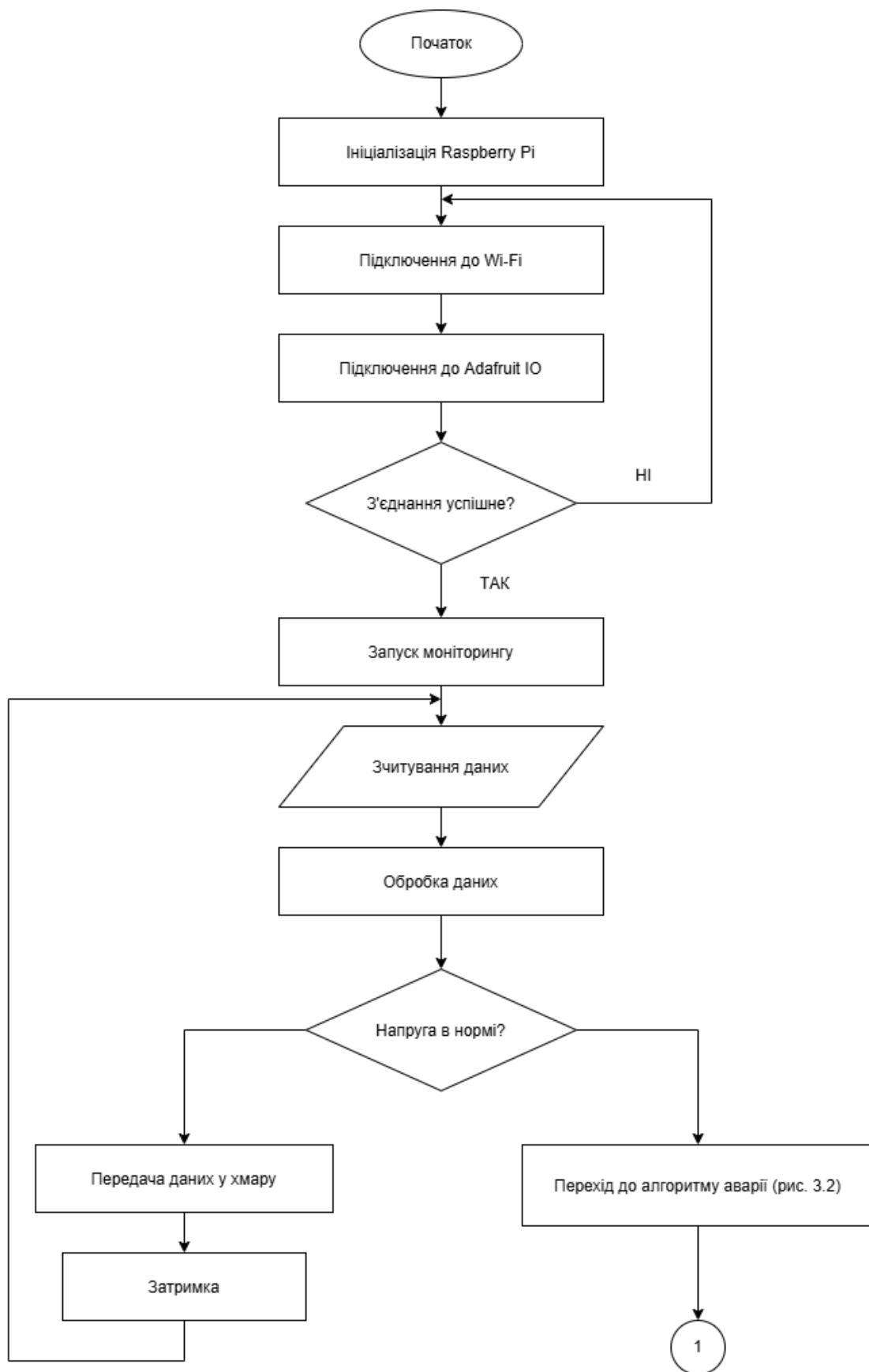


Рисунок 3.1 – Блок-схема алгоритму функціонування системи відстеження та сповіщення про відключення електрики

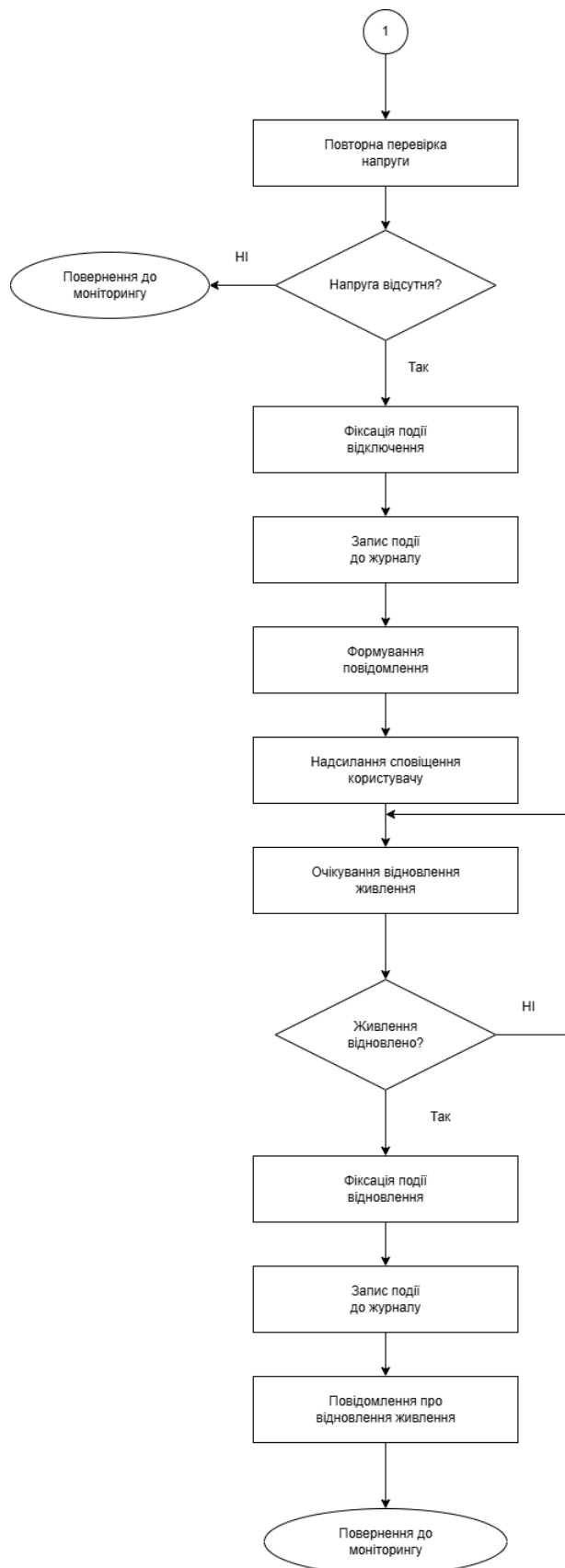


Рисунок 3.2 – Блок-схема алгоритму функціонування системи відстеження та сповіщення про відключення електрики

Одночасно інформація про подію зберігається у хмарній базі даних для подальшого аналізу та формування статистики роботи системи. Після завершення передачі повідомлення алгоритм продовжує моніторинг стану електромережі та очікує відновлення електроживлення.

У разі відновлення напруги система автоматично фіксує дану подію та може формувати додаткове повідомлення про відновлення електропостачання. Це дозволяє користувачеві отримувати повну інформацію про перебіг аварійної ситуації та тривалість відключення.

Подібним чином буде працювати логіка керування основного циклу програми при виконанні завдання моніторингу, але при використанні додаткових датчиків можна розширити функціонал та зробити додаткові підпрограми моніторингу спожитої потужності, напруги та стану акумуляторів чи температури плати, як зображено на рисунку 3.3.

Реалізація підпрограми моніторингу потужності дозволяє здійснювати аналіз поточного навантаження електромережі та виявляти перевищення встановлених порогових значень, що може бути особливо корисно при використанні зовнішнього блоку живлення для запобігання перевищення допустимої потужності. Отримана інформація може використовуватись для побудови статистики енергоспоживання та оцінювання ефективності використання електроенергії, а також для визначення витрат електрики на бізнес, для прикладу порахувати кількість електрики витрачену на виконання 3Д друку, для ведення статистики та документації.

Підпрограма контролю акумуляторів забезпечує безперервне відстеження рівня заряду резервного джерела живлення. У випадку зниження заряду нижче допустимого рівня система може формувати попереджувальні повідомлення або переводити окремі вузли у режим енергозбереження для збільшення часу автономної роботи.

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

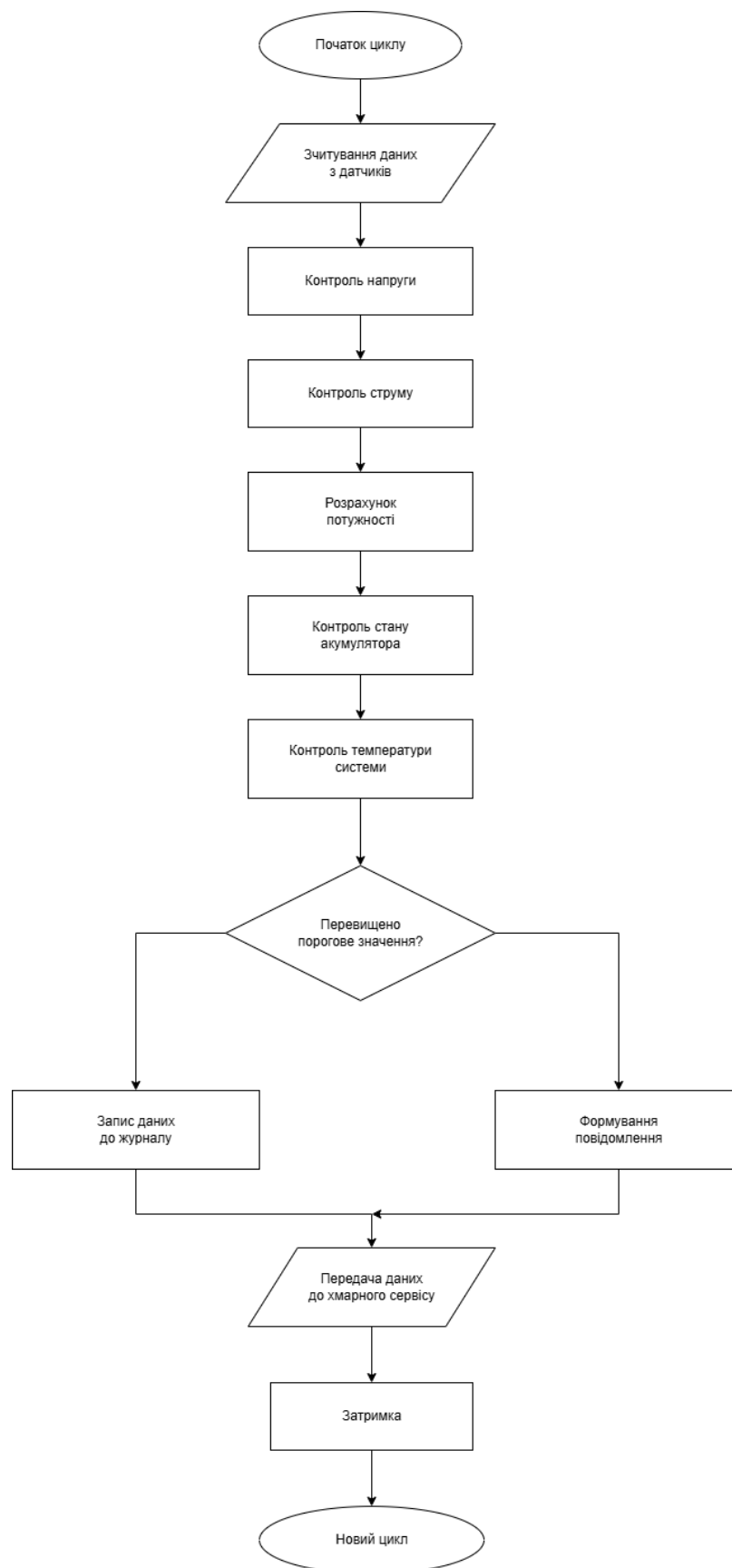


Рисунок 3.3 – Блок-схема розширеного алгоритму моніторингу параметрів системи

Додатковий контроль температури дозволяє відстежувати нагрівання Raspberry Pi та інших компонентів системи. У разі перевищення допустимих температурних значень програмне забезпечення може повідомляти користувача про необхідність охолодження обладнання або автоматично обмежувати навантаження на обчислювальний модуль як роблять телефони, для виконання подібного функціоналу не потрібно використовувати додаткових датчиків, оскільки Raspberry Pi має вбудовані датчики температури до яких можна звернутися напряму через код.

Таким чином, модульна структура програмного забезпечення дозволяє реалізувати комплексну систему моніторингу електроживлення, яка поєднує функції контролю мережевих параметрів, резервного живлення та технічного стану обладнання в межах єдиного програмно-апаратного комплексу.

3.2 Підготовка Raspberry Pi

Перш ніж приступити до підключення компонентів і написання коду, потрібно виконати кілька налаштувань Raspberry Pi, щоб переконатися, що усі входи налаштовано вірно та обмін даними не дасть помилки. В основі проекту лежить не лише Raspberry Pi, а й 16-бітний АЦП ADS1115 з інтерфейсом I2C. Обраний АЦП дозволяє підключати аналогові датчики до Raspberry Pi, оскільки сам Pi не має вбудованого АЦП, ADS1115 приймає дані і передає їх на Raspberry Pi через I2C. Отже, для стабільної роботи необхідно переконатися що на Raspberry увімкнуто I2C-комунікацію, для стабільної комунікації.

I2C-шину можна увімкнути або вимкнути на сторінці налаштувань Raspberry Pi, щоб запустити її, слід натиснути на іконку Pi на робочому столі та вибрати «Налаштування», а потім «Конфігурація Raspberry Pi». Це має відкрити сторінку налаштувань, у якій слід встановити прапорець «Увімкнути» для I2C, як зображено на рисунку 3.4, натиснути «ОК» щоб зберегти налаштування і перезавантажити Pi, щоб зміни набули чинності.

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо використовується Raspberry Pi в режимі без монітора, відкрити сторінку налаштувань Raspbian можна за допомогою команди `sudo raspi-config`.

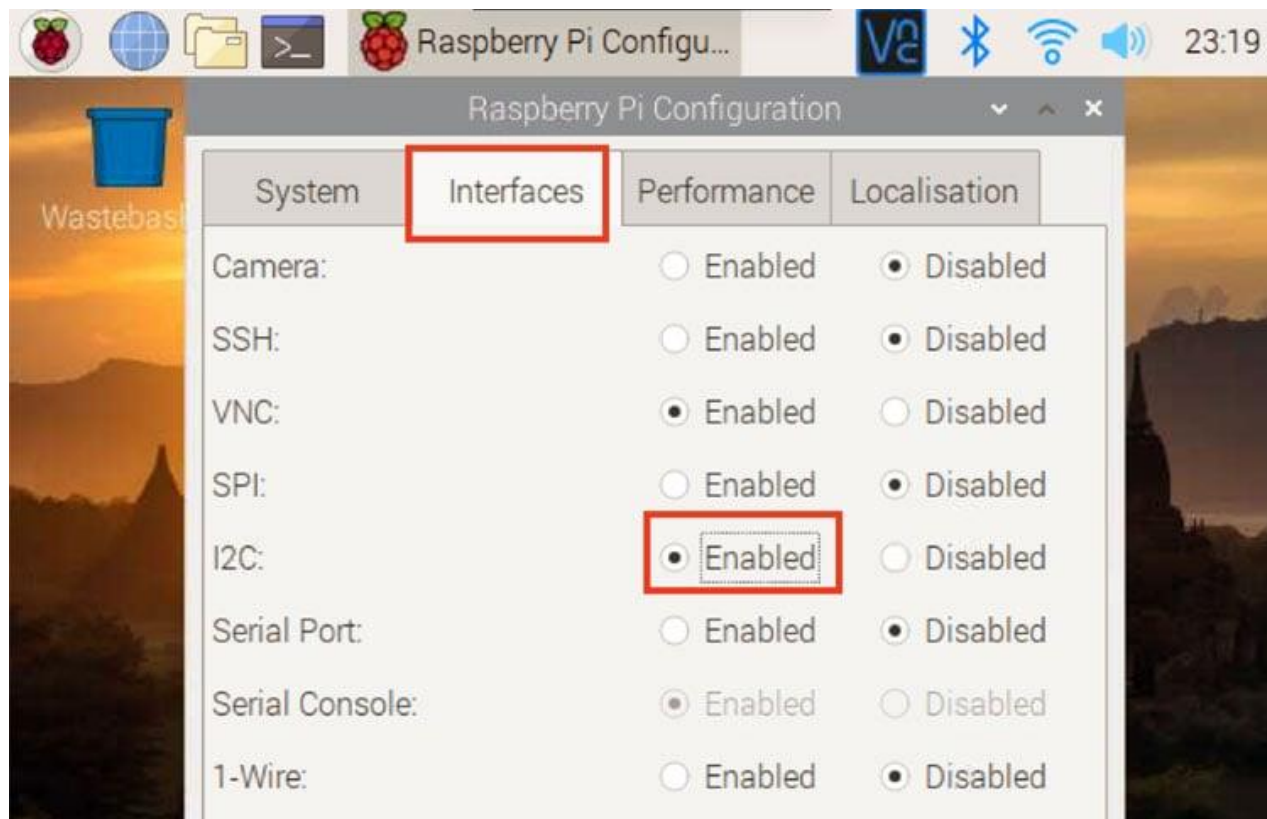


Рисунок 3.4 - Увімкнення I2C на Pi

Наступним важливим кроком є встановлення бібліотеки ADS11 від Adafruit для Python, яка містить функції та процедури, що спрощують написання скрипту на Python для зчитування значень з АЦП.

Для уникнення помилок під час роботи та не відповідності версій слід оновити Pi, виконавши команди: `sudo apt-get update`, а потім `sudo apt-get upgrade`. Після чого виконається автоматичне оновлення Pi, гарантуючи відсутність проблем сумісності з будь-яким новим програмним забезпеченням чи бібліотеками, які будуть використовуватися в проєкті.

Наступним кроком слід виконати команду `cd ~`, щоб переконатися, що користувач перебуває в домашньому каталозі.

Далі встановіть build-essentials, виконавши команди: `sudo apt-get install build-essential python-dev python-smbus git`

Після чого потрібно клонувати папку Adafruit git, що містить бібліотеку ADS, виконавши: `git clone https://github.com/adafruit/Adafruit_Python_ADS1x15.git`

Щойно висвітиться повідомлення про завершення клонування необхідно перейти до каталогу клонованого файлу та запустити файл налаштування, виконавши: `cd Adafruit_Python_ADS1x1z`, а потім `sudo python setup.py install`

Перевірити встановлення бібліотеки можна підключивши ADS1115 і запустивши зразок коду, що входить до складу бібліотеки, спочатку перейшовши до її папки за допомогою команди: `cd examples`, а потім запустивши приклад за допомогою команди: `python simpletest.py`

Наступним кроком є встановлення Adafruit.IO Python Module.

Для передачі виміряних значень напруги та струму до хмарного сервісу використовується платформа Adafruit IO, яка забезпечує віддалений доступ до даних через мережу. Це дозволяє здійснювати моніторинг параметрів електроспоживання з будь-якого пристрою, підключеного до мережі, а також інтегрувати систему з іншими сервісами автоматизації.

Для взаємодії програмного забезпечення Raspberry Pi із хмарною платформою застосовується спеціалізований програмний модуль Adafruit IO для мови Python. Даний модуль містить набір функцій і процедур, які спрощують передачу даних від датчиків до хмарного середовища та забезпечують обмін інформацією між локальною системою моніторингу і віддаленим сервером.

Встановлення програмного модуля здійснюється за допомогою менеджера пакетів Python виконавши `sudo pip install adafruit-io`. Після інсталяції система отримує можливість автоматично надсилати виміряні значення напруги, струму та інших параметрів до сервісу Adafruit IO для подальшого зберігання, візуалізації та аналізу. Це значно розширює функціональні

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

можливості системи моніторингу та дозволяє реалізувати віддалений контроль енергоспоживання в режимі реального часу.

Для використання хмарної платформи Adafruit IO необхідно створити обліковий запис користувача та отримати унікальний ключ доступу (AIO Key), рисунок 3.5. Цей ключ разом із ім'ям користувача використовується програмним забезпеченням для автентифікації та встановлення з'єднання з хмарним сервісом.

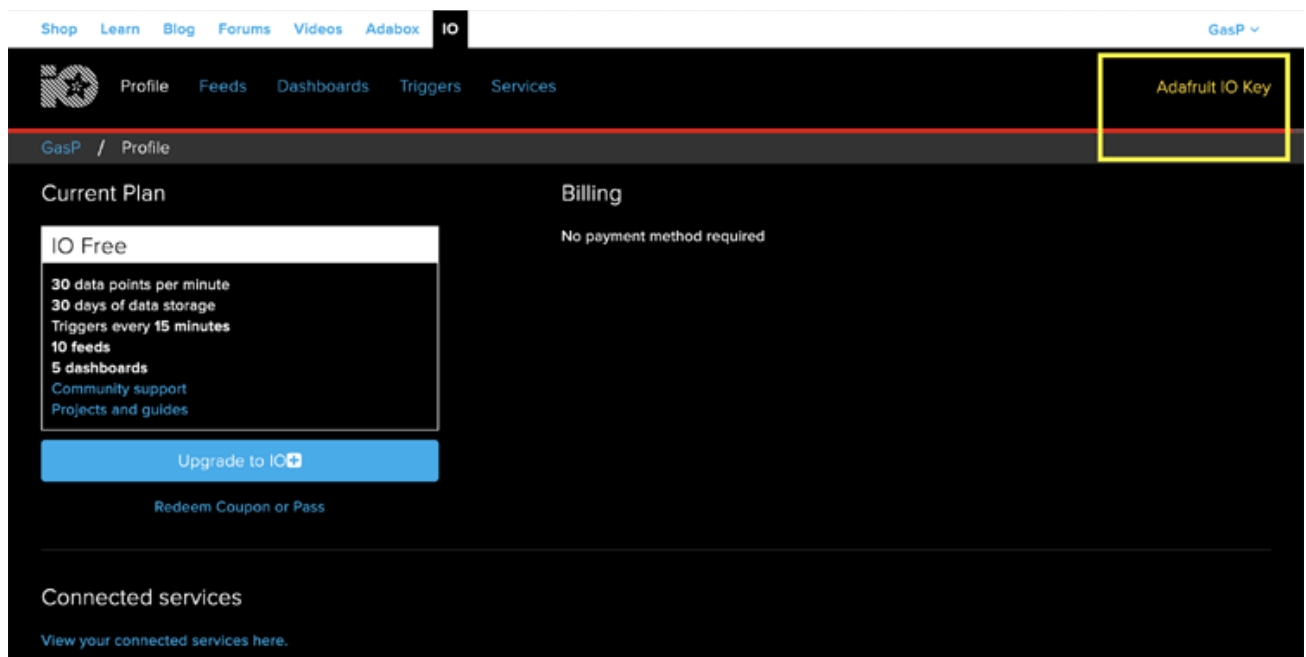


Рисунок 3.5 – Інтерфейс Adafruit IO з відміченим ключем

Після реєстрації користувач отримує доступ до особистого кабінету, у якому можна керувати потоками даних (Feeds), налаштовувати візуалізацію параметрів та здійснювати моніторинг інформації, що надходить від підключених пристроїв. Ключ доступу AIO Key є основним елементом захисту та забезпечує безпечну передачу даних між локальною системою та хмарною платформою.

Для спрощення процесу обміну інформацією в Adafruit IO створюються спеціальні канали даних - Feeds. Кожен канал призначений для зберігання та

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відображення певного параметра системи. У проєкті моніторингу електроспоживання доцільно створити окремий канал для обліку споживаної енергії, а також додаткові канали для збереження значень напруги та струму.

Створені канали забезпечують структуроване зберігання інформації та дозволяють відображати отримані дані у вигляді графіків, таблиць і статистичних звітів. Завдяки цьому користувач отримує можливість здійснювати дистанційний контроль параметрів електромережі в режимі реального часу та аналізувати зміни енергоспоживання протягом тривалого періоду експлуатації системи.

Після завершення налаштування облікового запису, створення каналів даних та отримання ключів доступу система готова до передачі вимірних параметрів у хмарне середовище та подальшої реалізації функцій моніторингу електроспоживання виконуючи їх у хмарі або на пристрої.

3.3 Схема електричних з'єднань системи моніторингу енергоспоживання на базі Raspberry Pi

Електрична схема системи моніторингу енергоспоживання на базі Raspberry Pi включає вузли вимірювання напруги та струму, аналого-цифровий перетворювач ADS1115 і центральний обчислювальний модуль Raspberry Pi. Основним призначенням системи є збір даних про параметри електричної мережі, їх цифрова обробка та подальша передача до хмарного сервісу для моніторингу й аналізу.

Структурно система складається з трьох умовних основних функціональних блоків:

- вузол вимірювання струму;
- вузол вимірювання напруги;
- блок обробки та передачі даних.

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для вимірювання струму використовується трансформатор струму SCT-013, який забезпечує гальванічну розв'язку між силовою мережею та вимірювальною системою. Вихідний сигнал датчика надходить до схеми обробки, де виконується його масштабування та підготовка до подальшого оцифрування, як зображено на рисунку 3.6.

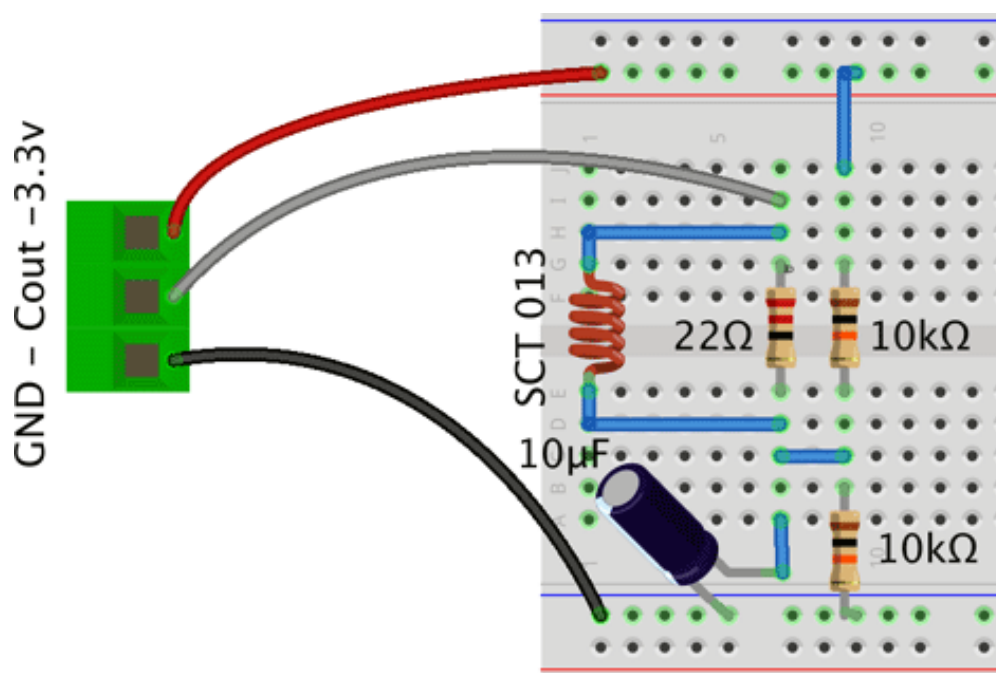


Рисунок 3.6 - Схема датчика струму

Вузол вимірювання напруги реалізований на основі резистивного дільника напруги, який знижує мережеву напругу до рівня безпечного для вимірювальної електроніки мікроконтролера, отриманий аналоговий сигнал також надходить до аналого-цифрового перетворювача для подальшої обробки, як зображено на рисунку 3.7.

Оскільки Raspberry Pi не має вбудованих аналогових входів, для перетворення аналогових сигналів використовується зовнішній аналого-цифровий перетворювач ADS1115, до його входів підключаються сигнали від датчиків напруги та струму, а передача цифрових даних до Raspberry Pi здійснюється через інтерфейс I2C.

На схемі підключення вихід вузла вимірювання струму підключається до каналу A0 перетворювача ADS1115, а вихід вузла вимірювання напруги - до каналу A1. Для коректної роботи системи всі компоненти повинні мати спільну точку заземлення, тому виводи GND датчиків, аналогово-цифрового перетворювача та Raspberry Pi об'єднуються між собою, на рисунку 3.8 зображено приклад реалізації схеми на макетній платі.

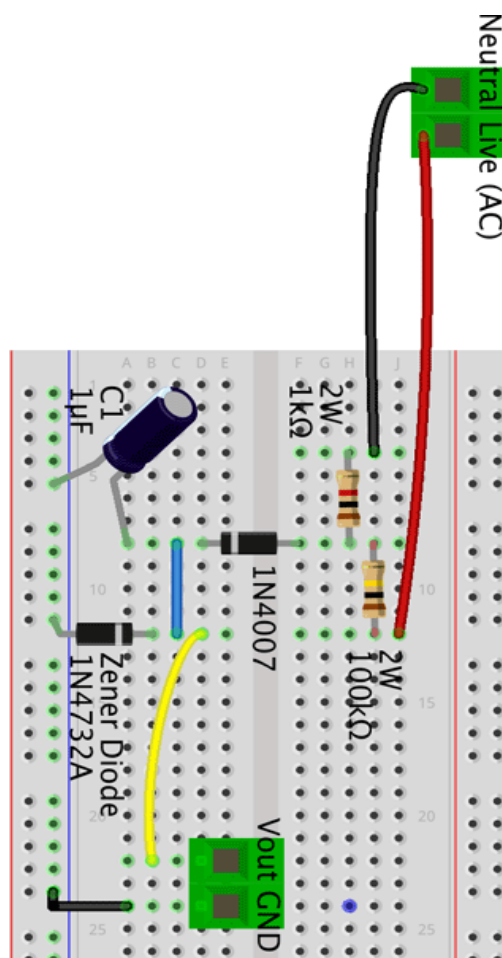


Рисунок 3.7 - Схеми датчиків напруги

Після виконання всіх електричних з'єднань Raspberry Pi отримує цифрові значення струму та напруги, на основі яких програмне забезпечення розраховує поточну потужність і спожиту електроенергію. Отримані результати можуть відображатися локально або передаватися до хмарної платформи для віддаленого моніторингу.

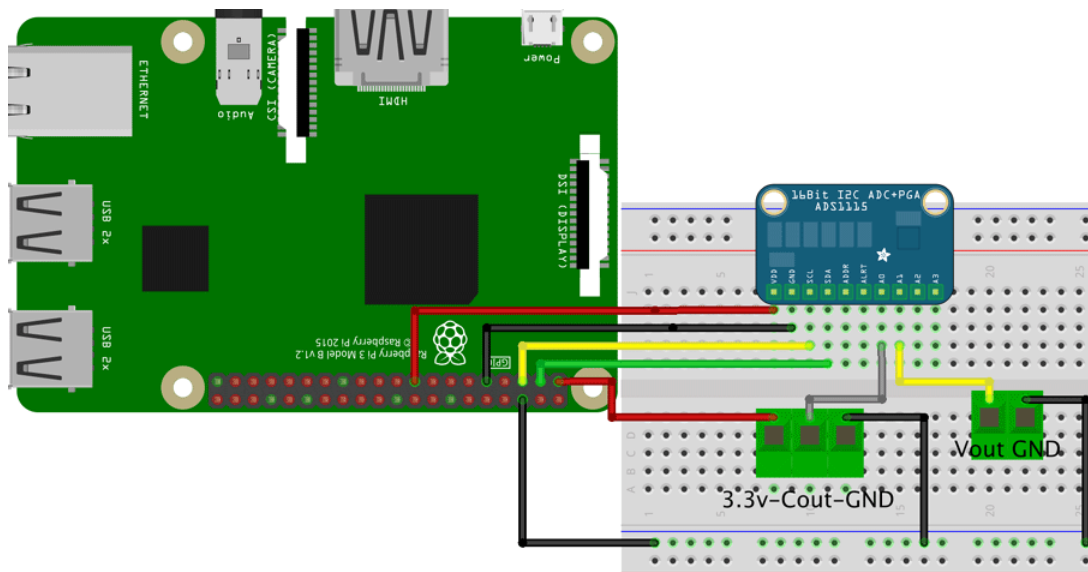


Рисунок 3.8 - Схеми процесорного блоку

Для підвищення надійності конструкції вимірювальні вузли доцільно монтувати на макетній або друкованій платі, приклад зібраної схеми зображено на рисунку 3.9. Після завершення складання апаратної частини система готова до програмної реалізації алгоритмів вимірювання, обробки та передачі даних.

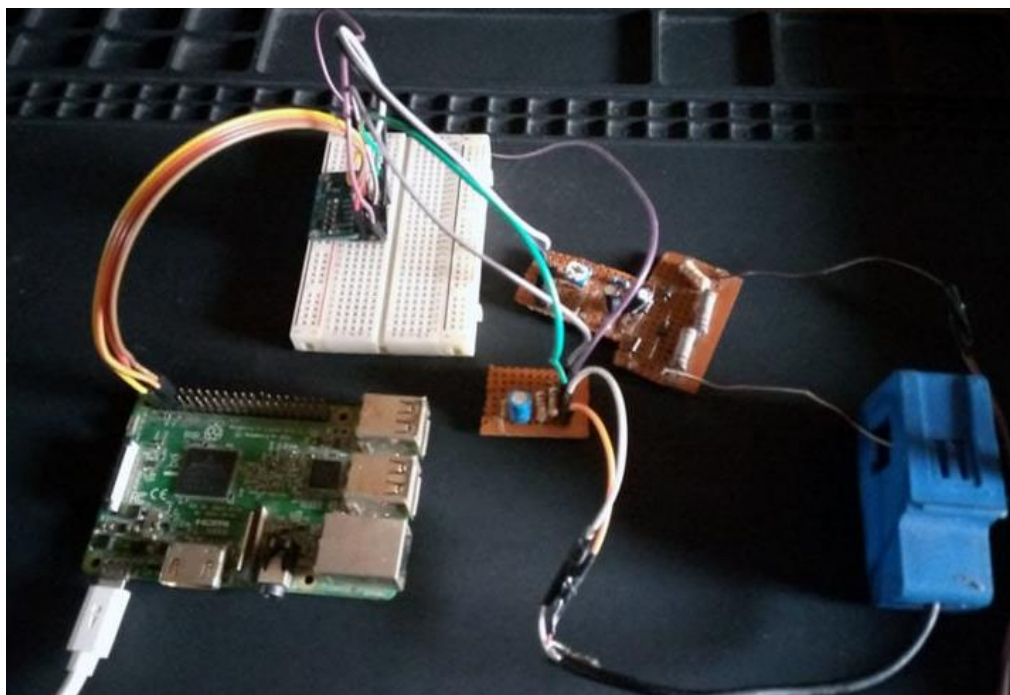


Рисунок 3.9 - Схеми процесорного блоку

3.4 Розробка коду Python для системи моніторингу

Для реалізації функцій збору, обробки та передачі даних у розробленій системі використовується мова програмування Python. Вибір даної мови обумовлений її широким застосуванням на платформі Raspberry Pi, наявністю великої кількості спеціалізованих бібліотек для роботи з периферійними пристроями та підтримкою мережевих сервісів.

Алгоритм роботи програмного забезпечення ґрунтується на періодичному опитуванні аналого-цифрового перетворювача ADS1115 через інтерфейс I2C, під час роботи система отримує значення напруги та струму від відповідних датчиків, виконує їх обробку та розраховує основні електричні параметри. Після цього результати передаються до хмарної платформи Adafruit IO для подальшого зберігання та візуалізації.

На початковому етапі виконання програми здійснюється підключення необхідних програмних бібліотек, які забезпечують взаємодію з аналого-цифровим перетворювачем, математичну обробку даних, передачу інформації до хмарного сервісу та реалізацію часових затримок між циклами вимірювань.

Далі створюється програмний об'єкт для роботи з аналого-цифровим перетворювачем ADS1115 та виконується налаштування параметрів підключення до сервісу Adafruit IO.

Для автентифікації використовуються облікові дані користувача та індивідуальний ключ доступу, що забезпечує безпечну передачу даних до хмарного середовища. Логіка керування зображена на рисунку 3.10.

Після ініціалізації системи задаються основні параметри вимірювання, зокрема коефіцієнт підсилення аналого-цифрового перетворювача, кількість вибірок для обробки сигналу та точність округлення результатів. Використання великої кількості вибірок дозволяє підвищити точність визначення електричних параметрів і зменшити вплив випадкових похибок вимірювання.

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

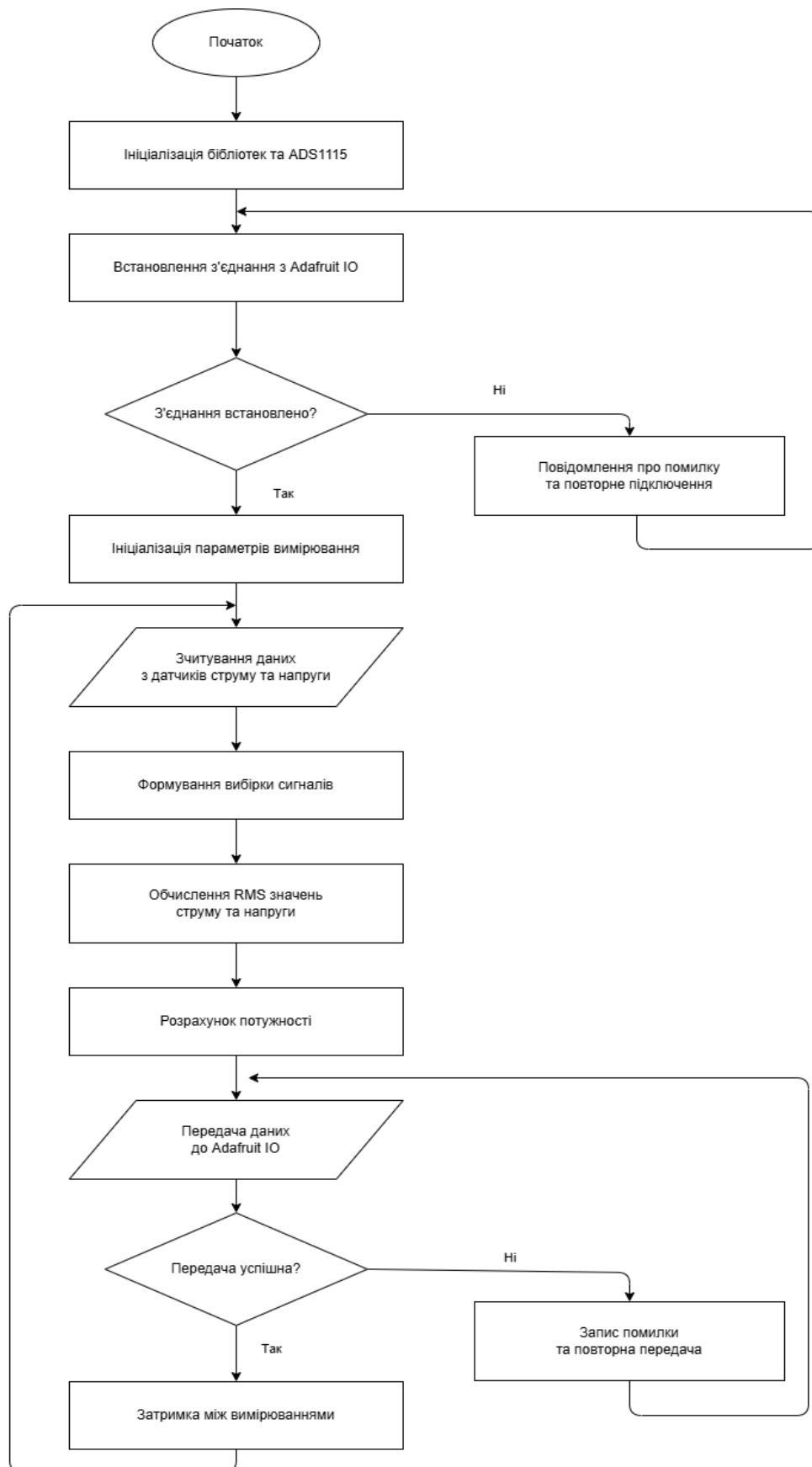


Рисунок 3.10 - Схеми процесорного блоку

Основний алгоритм роботи реалізовано у вигляді циклу безперервного моніторингу, як зображено на рисунку 3.10. На початку кожного циклу відбувається скидання змінних та підготовка буферів для збереження виміряних даних, після цього система виконує послідовне зчитування значень із каналів аналого-цифрового перетворювача, до яких підключені датчики струму та напруги.

Оскільки в системі використовується мережа змінного струму, сигнали датчиків мають синусоїдальну форму. Для визначення діючих значень напруги та струму виконується серія вимірювань, серед яких визначаються максимальні амплітудні значення сигналів, отримані пікові значення використовуються для подальшого розрахунку ефективних значень електричних параметрів.

Після завершення збору вибірок програмне забезпечення виконує перетворення цифрових значень аналого-цифрового перетворювача у фізичні величини відповідно до характеристик використаних датчиків, далі за допомогою математичних залежностей розраховуються діючі значення струму та напруги. Для цього використовується співвідношення між амплітудним та середньоквадратичним значенням синусоїдального сигналу.

На основі отриманих значень напруги та струму обчислюється активна потужність навантаження, результат розрахунку використовується як основний параметр для оцінки поточного енергоспоживання системи.

Завершальним етапом роботи алгоритму є передача розрахованих значень до хмарного сервісу Adafruit IO, дані надсилаються до попередньо створеного каналу зберігання, де вони накопичуються та можуть відображатися у вигляді графіків і статистичних звітів, це забезпечує можливість віддаленого моніторингу енергоспоживання в режимі реального часу.

Для забезпечення коректної роботи хмарного сервісу між послідовними передачами даних вводиться програмна затримка, такий підхід дозволяє уникнути перевищення обмежень платформи на частоту надсилання

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повідомлень, економить місце при веденні історії та забезпечує стабільну роботу системи моніторингу протягом тривалого часу.

Таким чином, розроблене програмне забезпечення забезпечує повний цикл функціонування системи моніторингу електроспоживання: від збору аналогових сигналів та їх цифрової обробки до передачі результатів у хмарне середовище для подальшого аналізу та візуалізації.

Для реалізації програмного забезпечення системи моніторингу використовується набір бібліотек мови Python, які забезпечують взаємодію з апаратними засобами Raspberry Pi, виконання математичних обчислень та передачу даних до хмарного середовища.

Бібліотека `time` використовується для реалізації часових затримок між послідовними циклами вимірювання та передачі даних., використання затримок дозволяє обмежити частоту опитування датчиків і зменшити частоту надсилання повідомлень до хмарної платформи.

Бібліотека `math` забезпечує виконання математичних операцій, необхідних для обробки результатів вимірювань, зокрема, вона використовується під час розрахунку середньоквадратичних значень напруги та струму на основі амплітудних значень синусоїдальних сигналів.

Модулі `board` та `busio` входять до складу програмного забезпечення платформи Raspberry Pi та використовуються для організації обміну даними через інтерфейс I2C, бібліотека `board` забезпечує доступ до фізичних виводів одноплатного комп'ютера, а `busio` реалізує програмний інтерфейс для роботи з шиною I2C при стандартному підключенні.

Бібліотека `adafruit_ads1x15.ads1115` призначена для роботи з аналого-цифровим перетворювачем ADS1115, вона дозволяє виконувати налаштування режимів роботи перетворювача, коефіцієнта підсилення та параметрів вимірювання, хоча можна використовувати інші більш загальні бібліотеки.

Модуль `adafruit_ads1x15.analog_in` використовується для створення програмних каналів зчитування аналогових сигналів із входів аналого-

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цифрового перетворювача, за його допомогою отримуються миттєві значення напруги, які надалі використовуються для визначення електричних параметрів системи та ведення історії.

Бібліотека Adafruit_IO забезпечує взаємодію з хмарною платформою Adafruit IO через мережу Інтернет, вона реалізує механізми автентифікації користувача, передачі даних до віддалених каналів зберігання та подальшої візуалізації результатів моніторингу у вигляді графіків і статистичних звітів.

3.5 Висновки до третього розділу

У третьому розділі було розроблено програмне та алгоритмічне забезпечення автоматизованої системи відстеження та сповіщення про відключення електроживлення. Сформовано алгоритм функціонування системи, який забезпечує безперервний моніторинг параметрів електромережі, аналіз отриманих даних, виявлення аварійних ситуацій та передачу повідомлень користувачеві. Для наочного представлення логіки роботи програмного забезпечення розроблено блок-схеми основного алгоритму моніторингу та алгоритму обробки аварійних подій.

Під час розроблення алгоритму особливу увагу приділено забезпеченню надійності функціонування системи. Для цього передбачено циклічне опитування вимірювальних пристроїв, перевірку декількох послідовних вимірювань та механізм підтвердження аварійних ситуацій. Такий підхід дозволяє зменшити вплив випадкових перешкод і похибок вимірювання, а також уникнути помилкових спрацювань системи сповіщення.

Окрім основного функціоналу, запропонована структура програмного забезпечення передбачає можливість подальшого розширення шляхом додавання підпрограм контролю потужності, стану акумуляторних батарей, температури обладнання та інших параметрів.

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виконано підготовку програмно-апаратної платформи Raspberry Pi до роботи у складі системи моніторингу. Проведено налаштування інтерфейсу I²C для забезпечення взаємодії з аналого-цифровим перетворювачем ADS1115, встановлено необхідні програмні бібліотеки та налаштовано підключення до хмарної платформи Adafruit IO. Це дозволило реалізувати віддалений збір, зберігання та візуалізацію вимірювальних даних. Встановлені програмні компоненти створюють єдине середовище для взаємодії між датчиками, обчислювальним модулем та хмарною інфраструктурою.

У межах розділу розроблено схему електричних з'єднань системи моніторингу, до складу якої входять датчик струму SCT-013, вузол вимірювання напруги, аналого-цифровий перетворювач ADS1115 та мікрокомп'ютер Raspberry Pi. Запропонована схема забезпечує безпечне вимірювання параметрів електромережі, цифрову обробку отриманих сигналів та їх подальшу передачу до програмної частини системи. Використання трансформатора струму дозволяє реалізувати гальванічну розв'язку між мережею та вимірювальним обладнанням, що підвищує рівень електробезпеки та надійності функціонування системи.

Також було розроблено програмне забезпечення мовою Python, яке реалізує повний цикл роботи системи: зчитування даних з датчиків, обробку вимірюваних значень, розрахунок параметрів електромережі та передачу результатів до хмарного сервісу. Реалізований алгоритм дозволяє визначати діючі значення напруги та струму, обчислювати потужність навантаження та накопичувати статистичну інформацію про енергоспоживання. Використання хмарної платформи забезпечує можливість віддаленого моніторингу стану електроживлення, накопичення історії вимірювань та своєчасного інформування користувача про відключення і відновлення електропостачання.

Результати виконаної роботи підтверджують можливість створення ефективною автоматизованої системи моніторингу електропостачання на базі Raspberry Pi та сучасних хмарних технологій. Запропоноване рішення

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

характеризується відносною простотою реалізації, можливістю масштабування та адаптації до різних умов експлуатації. Розроблена архітектура дозволяє не лише здійснювати контроль наявності електроживлення, а й реалізовувати розширений аналіз параметрів електромережі, що створює основу для подальшого розвитку системи та впровадження додаткових функцій автоматизації та діагностики.

					<i>КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ</i>	Арк.
						59
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВКИ

У роботі було розглянуто питання розробки автоматизованої системи відстеження та сповіщення про відключення електроенергії, що є актуальним завданням в умовах нестабільності електропостачання та зростання потреби користувачів у оперативному отриманні інформації про стан електромережі.

У першому розділі проведено дослідження предметної області, аналіз існуючих методів моніторингу електропостачання та сучасних технічних засобів, які можуть бути використані для реалізації подібних систем. У результаті аналізу встановлено, що більшість доступних рішень або мають високу вартість, або не забезпечують достатнього рівня інформування користувачів у режимі реального часу. Найбільш ефективним підходом є використання технологій інтернету речей, які дозволяють поєднати контроль стану електроживлення з передачею інформації через мережеві сервіси та мобільні пристрої. Також визначено основні вимоги до системи, серед яких - використання прямого контролю наявності електроенергії, застосування енергоефективної апаратної платформи з бездротовим зв'язком, забезпечення автономності живлення та реалізація надійної системи сповіщення.

У другому розділі виконано проектування автоматизованої системи відстеження та сповіщення про відключення електроенергії. Було розроблено структурну схему системи, визначено основні функціональні блоки та принцип їх взаємодії. Центральним елементом системи обрано мікрокомп'ютер Raspberry Pi 3, який забезпечує обробку інформації та передачу повідомлень через мережу WiFi. Для забезпечення безперервної роботи системи під час відключення електроенергії використано модуль резервного живлення Waveshare UPS HAT (B) з двома літій-іонними акумуляторами формату 18650.

У межах роботи також виконано вибір основних апаратних компонентів та проведено розрахунок енергоспоживання системи. Встановлено, що при середньому споживанні близько 2.25 Вт система здатна працювати автономно

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приблизно 8–9 годин, що забезпечує достатній час для передачі повідомлення користувачу та підтримки роботи системи у разі тривалого відключення електропостачання.

Отримані результати підтверджують можливість створення ефективної, відносно простої та доступної системи моніторингу електропостачання на основі сучасних мікрокомп'ютерних платформ. Запропонована система може бути використана для оперативного інформування користувачів про відключення або відновлення електроенергії, а також може бути розширена додатковими функціями, такими як зберігання статистики, інтеграція з хмарними сервісами або використання альтернативних каналів сповіщення.

					<i>КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ</i>	Арк.
						61
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Design Challenges and Objectives in Industrial Wireless Sensor Networks / J. Åkerberg та ін. *Industrial Wireless Sensor Networks*. 2017. С. 79–99. URL: <https://doi.org/10.1201/b14072-4> (дата звернення: 05.06.2026).
2. Smart Prepaid Electric Energy Meter Monitoring System Using Machine Learning and Internet of Things (IoT) / G. Dr.P.A. та ін. *International Journal Of Recent Trends In Multidisciplinary Research*. 2023. С. 01–05. URL: <https://doi.org/10.59256/ijrtmr.20230303001> (дата звернення: 05.06.2026).
3. Mishra D. P., kumar S., Ashu A. Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Application and Standardization. *SSRN Electronic Journal*. 2018. URL: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3170749> (дата звернення: 05.06.2026).
4. Mobile Computing W. C. a. Retracted: Diminution of Smart Grid with Renewable Sources Using Support Vector Machines for Identification of Regression Losses in Large-Scale Systems. *Wireless Communications and Mobile Computing*. 2023. Т. 2023. С. 1. URL: <https://doi.org/10.1155/2023/9898623> (дата звернення: 05.06.2026).
5. K. K K. Smart Power Monitoring System Using IoT. *INTERANTIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND MANAGEMENT*. 2024. Т. 08, № 05. С. 1–5. URL: <https://doi.org/10.55041/ijsrem33763> (дата звернення: 05.06.2026).
6. Real-Time IoT-based Energy Power Consumption Monitoring System for Smart Homes / W. Agustiarmi та ін. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*. 2025. Т. 15, № 5. С. 1407–1412. URL: <https://doi.org/10.18517/ijaseit.15.5.20918> (дата звернення: 05.06.2026).
7. Bugeja J., Jacobsson A., Davidsson P. Smart Connected Homes. *Internet of Things A to Z*. Hoboken, NJ, USA, 2018. С. 359–384. URL: <https://doi.org/10.1002/9781119456735.ch13> (дата звернення: 05.06.2026).

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Internet Of Things (IOT) Based Automated Smart Homes. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*. 2023. URL: <https://doi.org/10.56726/irjmets45502> (дата звернення: 05.06.2026).

9. What is Internet of Things (IoT)? 139+1 definitions since 1999. *RT*. URL: <https://www.rtsrl.eu/blog/what-is-internet-of-things-iot/> (дата звернення: 04.06.2026).

10. A Survey on Industrial Internet of Things: A Cyber-Physical Systems Perspective / H. Xu та ін. *IEEE Access*. 2018. Т. 6. С. 78238–78259. URL: <https://doi.org/10.1109/access.2018.2884906> (дата звернення: 05.06.2026).

11. Rigworo KEBANDE V. Industrial Internet of Things (IIoT) Forensics: Challenges, Opportunities, And Future Directions. *SSRN Electronic Journal*. 2023. URL: <https://doi.org/10.2139/ssrn.4343061> (дата звернення: 05.06.2026).

12. Smart Cities / V. Tsiatsis та ін. *Internet of Things*. 2019. С. 279–287. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814435-0.00027-4> (дата звернення: 05.06.2026).

13. A Survey on Internet of things architectures / Z. Boboyeva та ін. *E3S Web of Conferences*. 2023. Т. 402. С. 03053. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340203053> (дата звернення: 05.06.2026).

14. Limaye B., Tamhankar D. S. G. Smart Energy Monitoring Node. *SSRN Electronic Journal*. 2023. URL: <https://doi.org/10.2139/ssrn.4505007> (дата звернення: 05.06.2026).

15. Cloud Development - Tuya Smart - Global Developer Platform. *developer.tuya*. URL: <https://developer.tuya.com/en/cloud-development> (дата звернення: 04.06.2026).

16. Furfaro R. Simple Ways of Programming an ESP8266 : How to Program ESP8266 with Arduino: Esp8266 Programming Tutorial. Independently Published, 2021.

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

17. Hoddie P., Prader L. Getting Started. *IoT Development for ESP32 and ESP8266 with JavaScript*. Berkeley, CA, 2020. С. 1–24. URL: https://doi.org/10.1007/978-1-4842-5070-9_1 (дата звернення: 05.06.2026).
18. Smart Home Automation using ESP8266 and Internet of Things / S. Sarishma та ін. *SSRN Electronic Journal*. 2020. URL: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3701427> (дата звернення: 05.06.2026).
19. Moyer S. IoT Sensors and Actuators. *IEEE Internet of Things Magazine*. 2019. Т. 2, № 3. С. 10. URL: <https://doi.org/10.1109/miot.2019.8950961> (дата звернення: 05.06.2026).
20. Practical Driving Electronics for an AOTF-Based NO2 Camera / J. Vanhamel та ін. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. 2019. Т. 68, № 3. С. 874–881. URL: <https://doi.org/10.1109/tim.2018.2853898> (дата звернення: 05.06.2026).
21. Intelligent Electromagnetic Sensing with Learnable Data Acquisition and Processing / H.-Y. Li та ін. *Patterns*. 2020. Т. 1, № 1. С. 100006. URL: <https://doi.org/10.1016/j.patter.2020.100006> (дата звернення: 05.06.2026).
22. Internet of Things A to Z / ред. Q. Hassan. Hoboken, NJ, USA : John Wiley & Sons, Inc., 2018. URL: <https://doi.org/10.1002/9781119456735> (дата звернення: 05.06.2026).
23. Khan J. Y., Chen D. Low-Power Wide-Area Networks. *Internet of Things (IoT)*. 2019. P. 105–146. URL: <https://doi.org/10.1201/9780429399084-4> (date of access: 05.06.2026).
24. Markus E. D., Fadeyi J. Smart Cities and Spectrum Vulnerabilities in Long-Range Unlicensed Communication Bands: A Review. *Applied Soft Computing and Communication Networks*. Singapore, 2021. P. 207–220. URL: https://doi.org/10.1007/978-981-33-6173-7_14 (date of access: 05.06.2026).
25. Moroney L. Google Analytics for Firebase. *The Definitive Guide to Firebase*. Berkeley, CA, 2017. P. 251–270. URL: https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2943-9_14 (date of access: 05.06.2026).

26. Tamboli A. Documentation and Testing. *Build Your Own IoT Platform*. Berkeley, CA, 2022. P. 161–168. URL: https://doi.org/10.1007/978-1-4842-8073-7_11 (date of access: 05.06.2026).

27. et al. R. E-cultivation using the IoT with Adafruit cloud. *International Journal of ADVANCED AND APPLIED SCIENCES*. 2020. Vol. 7, no. 9. P. 75–82. URL: <https://doi.org/10.21833/ijaas.2020.09.012> (date of access: 05.06.2026).

28. The development of BOT API social media Telegram about plant hormones using Black Box Testing / Y. S. Rahayu et al. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018. Vol. 434. P. 012132. URL: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/434/1/012132> (date of access: 05.06.2026).

29. Smart Home Automation using Discord Chat Bots / R. Aadithya et al. 2023 *International Conference on Energy, Materials and Communication Engineering (ICEMCE)*, Madurai, India, 14–15 December 2023. 2023. URL: <https://doi.org/10.1109/icemce57940.2023.10433982> (date of access: 05.06.2026).

30. Design and Implementation of an IoT-Based Smart Emergency Alert System / Madhuri .P. Borawake та ін. *International Research Journal on Advanced Engineering and Management (IRJAEM)*. 2026. Т. 4, № 05. С. 1771–1779. URL: <https://doi.org/10.47392/irjaem.2026.0260> (дата звернення: 05.06.2026).

31. Automatic Power Supply Control Using Raspberry Pi And Image Processing / S. V. Jagadeesh Chandra та ін. *Exploratory Materials Science Research*. 2020. Т. 1, № 2. С. 101–109. URL: <https://doi.org/10.47204/emsr.1.2.2020.101-109> (дата звернення: 05.06.2026).

32. UPS HAT (B) - Waveshare Wiki (Documentation). *Waveshare Electronics*. URL: [https://www.waveshare.com/wiki/UPS_HAT_\(B\)?srsltid=AfmBOordXeIE5XEyxXD-uMjwIZpgZpXKg-Rm2uzux1TARnzTN8j8rh8V](https://www.waveshare.com/wiki/UPS_HAT_(B)?srsltid=AfmBOordXeIE5XEyxXD-uMjwIZpgZpXKg-Rm2uzux1TARnzTN8j8rh8V) (дата звернення: 05.06.2026).

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

33. PiJuice HAT Review: The Ultimate UPS Solution for Raspberry Pi - PCBSync. *PCBSync*. URL: <https://pcbsync.com/pijuice-hat/> (дата звернення: 05.06.2026).
34. Linden's Handbook of Batteries, Fifth Edition. McGraw-Hill Education, 2019. 1456 с.
35. Power storage battery testing / S. Wang та ін. *Smart Safety Management of Energy Storage Batteries*. 2026. С. 33–54. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-443-27578-4.00002-1> (дата звернення: 05.06.2026).
36. Messenger R. A., Abtahi A. Photovoltaic Systems Engineering. CRC Press, 2018. URL: <https://doi.org/10.1201/9781315218397> (дата звернення: 05.06.2026).
37. Gerring D. Backup Power. *Renewable Energy Systems for Building Designers*. New York, 2022. С. 231–234. URL: <https://doi.org/10.1201/9781003297819-23> (дата звернення: 05.06.2026).
38. Mohaideen Abdul Kadhar K., Anand G. Getting Started with Raspberry Pi. *Maker Innovations Series*. Berkeley, CA, 2024. С. 13–32. URL: https://doi.org/10.1007/979-8-8688-0097-9_2 (дата звернення: 05.06.2026).
39. Advanced Raspberry Pi Configuration. *Raspberry Pi® User Guide*. Chichester, UK, 2017. С. 99–113. URL: <https://doi.org/10.1002/9781119415572.ch7> (дата звернення: 05.06.2026).
40. Advanced Raspberry Pi Configuration. *Raspberry Pi® User Guide*. Chichester, UK, 2017. С. 99–113. URL: <https://doi.org/10.1002/9781119415572.ch7> (дата звернення: 05.06.2026).
41. Hajjaj S. S. H., Gsangaya K. R. Raspberry Pi-Based IoT Systems. *The Internet of Mechanical Things*. Boca Raton, 2022. С. 177–215. URL: <https://doi.org/10.1201/9781003218395-7> (дата звернення: 05.06.2026).
42. Shovic J. C. Building an IoT Weather Station. *Raspberry Pi IoT Projects*. Berkeley, CA, 2021. С. 85–112. URL: https://doi.org/10.1007/978-1-4842-6911-4_3 (дата звернення: 05.06.2026).

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

43. Yiu J. Digital signal processing on the cortex-M33 processor. *Definitive Guide to Arm® Cortex®-M23 and Cortex-M33 Processors*. 2021. С. 751–798. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-820735-2.00019-6> (дата звернення: 05.06.2026).

44. Barrett S. F. Arduino I: Getting Started. *Synthesis Lectures on Digital Circuits and Systems*. 2020. Т. 15, № 1. С. 1–222. URL: <https://doi.org/10.2200/s01001ed1v01y202003dcs058> (дата звернення: 05.06.2026).

45. A S H., S N. Compact Raspberry PI Server with Integrated UPS. 2024 *International Conference on Sustainable Communication Networks and Application (ICSCNA)*, м. Theni, India, 11–13 груд. 2024 р. 2024. С. 288–293. URL: <https://doi.org/10.1109/icscna63714.2024.10864190> (дата звернення: 05.06.2026).

46. A comprehensive review on applications of Raspberry Pi / S. E. Mathe та ін. *Computer Science Review*. 2024. Т. 52. С. 100636. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2024.100636> (дата звернення: 05.06.2026).

47. Jagruthi S., Harsha M. V. A Comprehensive Review on IoT Implementations Using Raspberry Pi. *A Comprehensive Review on IoT Implementations Using Raspberry Pi*. 2024. Т. 9, № 2. С. 10. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10663517> (дата звернення: 05.06.2026).

48. Exploring Embedded Linux Systems. *Exploring Raspberry Pi*. Indianapolis, IN, 2016. С. 55–112. URL: <https://doi.org/10.1002/9781119211051.ch3> (дата звернення: 05.06.2026).

49. Raspberry Pi-embedded system design. *Embedded Mechatronics System Design for Uncertain Environments: Linux®-based, Raspbian®, ARDUINO® and MATLAB® xPC Target Approach*. 2018. С. 345–439. URL: https://doi.org/10.1049/pbce109e_ch7 (дата звернення: 05.06.2026).

50. Bräunl T. Raspberry Pi. *Embedded Robotics*. Singapore, 2022. С. 67–83. URL: https://doi.org/10.1007/978-981-16-0804-9_4 (дата звернення: 05.06.2026).

					КвРАКІТ. 2022108.01.17.ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Петришак Данило Романович

Тема: Автоматизована система відстеження та сповіщення про відключення електрики

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість сторінок записки - 67

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою роботи є розробка автоматизованої системм відстеження та сповіщення про відключення електрики
.....

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

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: у першому розділі проведено дослідження предметної області та огляд літературних джерел; у другому розділі виконано проектування автоматизованої системи відстеження та сповіщення про відключення електрики; у третьому розділі програмне та алгоритмічне забезпечення автоматизованої системи відстеження та сповіщення про відключення електрики

4. Позитивні сторони роботи: актуальність обраної теми, практична спрямованість розробки, використання сучасних апаратних і програмних засобів, належний рівень опрацювання теоретичного матеріалу та якісна реалізація автоматизованої системи

5. Негативні сторони роботи: у роботі недостатньо уваги приділяється аналізу існуючих комерційних технічних рішень

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

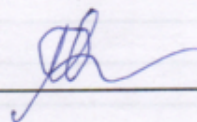
7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: добре 85 (В)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) Яшина Оксана Миколаївна, доцент, кафедри інженерії програмного забезпечення

“ 08 ” червня 2026 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри автоматизації,
комп'ютерно-інтегрованих технологій та
робототехніки Людмилі КОРЕЦЬКІЙ
здобувача вищої освіти
Петришака Данила Романовича
факультет ІТ, курс IV, група АКІТ-22-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів академічної відповідальності, ознайомлений. Про використання спеціалізованих програмних засобів (СПЗ) StrikePlagiarism та Anti-Plagiarism для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність академічного плагіату оповіщений. Надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних СПЗ і використання роботи для виявлення академічного плагіату в інших роботах, які перевіряються СПЗ.

Також надаю свою згоду на обробку й збереження університетом моєї роботи в Інституційному репозитарії Хмельницького національного університету.

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

02.06.2026

дата



підпис

Протокол аналізу звіту подібності експертом

найомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою
ігання плагіату щодо роботи:

ЕТРИШАК

Заявляю, що я оз
виявлення і запоб

Автор: Данило П

Співавтор:

Ім'я: БКР Петришак

Експерт: Артур СЛИВА

Підрозділ: Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Коефіцієнт подібності 1:0.7%

Коефіцієнт подібності 2:0%

Мікропробіли: 302

Заміна букв: 13

Інтервали: 0

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2026-06-09 12:33:46.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

☒ Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

☐ Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

☐ Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедур. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2026-06-09

Доцент Микола Федула

Дата

експерт

Anti-Plagiarism v-15.258 (global version)

The maximum coincidence with one document 1.0%

Dictionaries check: en_US, ru_RU, ua_UA. Errors in the documents: 11%

ID: 274214 Title: БКР Автоматизована система відстеження та сповіщення про відключення електрики Added in a DB: 2026-06-08 Authors: Данило ПЕТРИШАК Heads: Артур СЛИВА Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	74139	537	1718 (2%)	24 (4%)

Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
РОБОТОТЕХНІКИ ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Назва кваліфікаційної роботи: «Автоматизована система відстеження та сповіщення про відключення електрики»

Автор: Петришак Данило.Романович

Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Науковий керівник: Слива Артур Анатолійович, асистент

На основі аналізу кваліфікаційної роботи на дотримання вимог академічної доброчесності (у т. ч. відсутності ознак академічного плагіату) з урахуванням результатів перевірки роботи спеціалізованим програмним засобом(ами) комісія зробила такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Ознаки академічного плагіату	
1.1	Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є академічним плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
1.2	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	
1.3	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та доопрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
1.4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття текстових запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
2	Інші види порушень академічної доброчесності	

Підтвердження:

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

1) у тексті роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальноновживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках, у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;

2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;

3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 0,7% і адресується до 8 джерела, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Дата 06.09.2026

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи



Людмила КОРЕЦЬКА

Юрій ФОРКУН

Артур СЛИВА