

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-
КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Система моніторингу та зниження енергоспоживання "розумного будинку" на базі Home Assistant»

на здобуття освітнього ступеня бакалавра
зі спеціальності 126 Інформаційні системи та технології
(код, найменування спеціальності)
освітньо-професійної програми Інформаційні системи та технології
(назва)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Андрій ДЯЧУК
(підпис) *Ім'я, ПРІЗВИЩЕ* здобувача

Виконав: здобувач вищої освіти гр. ІСД-
43

Андрій ДЯЧУК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник: К.т.н., доцент Андрій АРОНОВ

науковий
ступінь,
вчене звання

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Рецензент:

науковий
ступінь,
вчене звання

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Київ 2025
**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Навчально-науковий інститут Інформаційних технологій

Кафедра Інформаційних систем та технологій

Ступінь вищої освіти бакалавр

Спеціальність Інформаційні системи та технології

Освітньо-професійна програма Інформаційні системи та технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедру Інф. Систем
та технологій

_____ Каміла ПАВЛІВНА

« ____ » _____ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
Дячук Андрій Максимович**

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема кваліфікаційної роботи: **Система моніторингу та зниження енергоспоживання "розумного будинку" на базі Home Assistant**

керівник кваліфікаційної роботи Андрій АРОНОВ к.т.н, доцент

(Ім'я, ПРИЗВИЩЕ, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від «24» березня 2025 р. № 56

2. Строк подання кваліфікаційної роботи «30» травня 2025 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: наукові праці з тематики енергоефективності та автоматизації, технічна документація та офіційні матеріали Home Assistant, аналітичні огляди сучасних систем «Розумного будинку», а також приклади реалізації рішень з моніторингу і зниження енергоспоживання в побуті

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Огляд технічних засобів системи «розумного будинку» на базі Home Assistant

Вибір компонентів та інструментів для моніторингу і зниження енергоспоживання

Розробка системи енергоменеджменту в «розумному будинку» з використанням Home Assistant

5. Ілюстративний матеріал: *презентація*

6. Дата видачі завдання: «24» лютого 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	11.03.2025	
2	Мета дослідження	24.03.2025	
3	1. Аналіз системи моніторингу енергоспоживання в розумному будинку	06.04.2025	
4	2. Використання розумних реле, автоматів та лічильників	17.04.2025	
5	Порівняльна таблиця лічильників для схеми та розробка ПЗ	26.04.2025	
7	3. Впровадження Сенсора споживання води на базі ESPHOME ТА HOME ASSISTANT	07.05.2025	
8	Оформлення дипломної роботи	16.05.2025	

Здобувач(ка) вищої освіти

(підпис)

Андрій ДЯЧУК
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник
кваліфікаційної роботи

(підпис)

Андрій АРОНОВ
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ**

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій

**ПОДАННЯ
ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ
ЩОДО ЗАХИСТУ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
на здобуття освітнього ступеня бакалавра (магістра)**

Направляється здобувач(ка) Дячук А.М. до захисту кваліфікаційної роботи
(*прізвище та ініціали*)
за спеціальністю 126, інформаційні системи та технології
(*код, найменування спеціальності*)
освітньо-професійної програми інформаційні системи та технології
(*назва*)
на тему: «Веб-додаток для обліку студентів навчальних закладів».

Кваліфікаційна робота і рецензія додаються.

Директор ННІ

(*підпис*)

Катерина НЕСТЕРЕНКО

(*Ім'я, ПРІЗВИЩЕ*)

Висновок керівника кваліфікаційної роботи

Здобувач(ка) Дячук Андрій Максимович

Все це дозволяє оцінити виконану кваліфікаційну роботу здобувача(ки) Дячука Андрія
Олександровича на оцінку «__» та присвоїти йому(їй) кваліфікацію _____.

Керівник кваліфікаційної роботи _____

(*підпис*)

Андрій АРОНОВ

(*Ім'я, ПРІЗВИЩЕ*)

«__» _____ 2025 року

Висновок кафедри про кваліфікаційну роботу

Кваліфікаційна робота розглянута. Здобувач(ка) Дячук А.М. допускається до захисту даної роботи в
Експертній комісії.

Завідувач кафедри Інф. систем та
технологій

(*назва*)

(*підпис*)

Каміла ПАВЛІВНА

(*Ім'я,
ПРІЗВИЩЕ*)

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня бакалавра (магістра): 53 стор., 26 рис., 4 табл., 32 джерел.

Мета роботи – розробка та впровадження комплексної системи моніторингу енергоспоживання у розумному будинку на основі платформи Home Assistant для оптимізації витрат ресурсів і підвищення енергоефективності.

Об'єкт дослідження – розумний будинок, система управління споживанням енергоресурсів.

Предмет дослідження – інтелектуальні платформи та технології моніторингу, такі як Home Assistant, розумні реле, сенсори та інтерфейси.

Короткий зміст роботи:

У цій роботі було досліджено сучасні методи моніторингу енергоспоживання в розумному будинку. Розглянуто інвазивні та неінвазивні технології для контролю ресурсів, за допомогою сенсорів, реле, камер та інтерфейсів. Запропоновано інтеграцію Home Assistant як основної платформи моніторингу та автоматизації, що дає аналізувати споживання, брати у рахунок тарифні зони та створювати сценарії для мінімізувати витрати. Надали рекомендації щодо використання ESPHome, Node-RED, MQTT, ZigBee. Розглянуто впровадження рішень для моніторингу води, газу та сонячної енергії.

Ключові слова

РОЗУМНИЙ БУДИНОК, ЕНЕРГОМОНІТОРИНГ, HOME ASSISTANT, АВТОМАТИЗАЦІЯ, СЕНСОРИ, ТАРИФНІ ЗОНИ.

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1.АНАЛІЗ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ В РОЗУМНОМУ БУДИНК.....	11
1.1Сучасні підходи до енергомоніторингу в розумних будинках.....	11
1.2Огляд функціоналу Home Assistant для моніторингу ресурсів.....	15
1.3Конфігурація тарифних зон в Україні (пікові та непікові години).....	18
1.4Види тарифів для побутових споживачів.....	18
2.ВИКОРИСТАННЯ РОЗУМНИХ РЕЛЕ, АВТОМАТІВ ТА ЛІЧИЛЬНИКІВ.....	20
2.1 Протоколи та екосистеми розумного дому.....	20
2.2 Огляд ринку розумних лічильників.....	22
2.3 Неінвазивні технології енергомоніторингу.....	23
2.4 Моніторинг окремих пристроїв.....	29
2.5 Візуалізація та аналітика в Home Assistant.....	31
2.6 Моніторинг води та газу.....	33
2.7 Енергомоніторинг інверторів та сонячних станцій за допомогою Home Assistant.....	35
3.Впровадження Сенсора споживання води на базі ESPHOME ТА HOME ASSISTANT.....	38
Висновок.....	57
Список використаних джерел.....	58

ВСТУП

Актуальність дослідження

Зростання енергоспоживання та підвищення тарифів на електроенергію, газ і воду змушує споживачів шукати ефективні методи контролю та оптимізації використання ресурсів. В умовах зростаючого попиту на розумні будинки (Smart Home) ключовим аспектом стає моніторинг енергоспоживання та автоматизація процесів, що дозволяє не лише зменшити витрати, а й підвищити енергоефективність житла.

Home Assistant — це одна з найпопулярніших платформ для керування розумним будинком, що підтримує широкий спектр пристроїв та інтеграцій для моніторингу ресурсів. Використання Home Assistant для відстеження споживання електроенергії, води та газу дозволяє в реальному часі аналізувати дані, знаходити неефективні споживачі та автоматично регулювати роботу пристроїв залежно від тарифних зон.

На сьогодні існує кілька підходів до моніторингу електроенергії: інвазійні (вбудовані лічильники, реле, розумні автомати) та неінвазійні (датчики струму, аналіз імпульсів з діоду лічильника). Однак питання інтеграції цих методів у єдину систему моніторингу та управління, що дозволяє автоматизувати процеси та забезпечити зниження витрат, залишається актуальним.

Дослідження спрямоване на аналіз можливостей Home Assistant у контексті моніторингу енергоспоживання, а також на практичне впровадження інтегрованої системи контролю ресурсів у розумному будинку. Отримані результати можуть бути корисними для власників приватних будинків і квартир, які прагнуть оптимізувати витрати на комунальні послуги, а також для фахівців, що займаються розробкою рішень для автоматизації.

Мета та завдання роботи

Мета дослідження

Метою даної роботи є розробка та впровадження комплексної системи моніторингу енергоспоживання у розумному будинку, що базується на платформі Home Assistant. Система спрямована на оптимізацію використання ресурсів, суттєве зниження витрат та досягнення вищого рівня енергоефективності в цілому.

Завдання роботи

Для досягнення поставленої мети необхідно провести всебічний аналіз існуючих методів моніторингу електроенергії, води та газу, детально вивчивши їх переваги та недоліки. Важливим етапом є глибоке дослідження функціональних можливостей платформи Home Assistant щодо збору, аналізу та візуалізації даних про споживання різних видів ресурсів.

В рамках технічної реалізації потрібно здійснити підбір оптимальних пристроїв та сенсорів для проведення як інвазійного, так і неінвазійного моніторингу електроенергії. Це включає впровадження реле та розумних автоматів, встановлення датчиків струму та напруги, налаштування моніторингу імпульсного діоду лічильника, а також забезпечення повноцінної інтеграції з наявними інверторами.

Паралельно необхідно реалізувати систему моніторингу водоспоживання та газу шляхом встановлення відповідних сенсорів та налаштування камер спостереження. На основі зібраних даних планується створення інтерактивного дашборду в середовищі Home Assistant для наочної візуалізації споживання ресурсів та проведення детального аналізу витрат.

Важливим аспектом роботи є налаштування системи тарифних зон з урахуванням пікових та непікових годин для визначення оптимальних режимів використання електроенергії. На базі отриманої інформації будуть розроблені сценарії автоматизації для оптимізації енергоспоживання, які передбачають автоматичне відключення неефективних споживачів, раціональне перемикавання навантаження на години з нижчими тарифами та своєчасне сповіщення про перевищення встановлених лімітів.

Завершальним етапом роботи стане комплексна оцінка ефективності впровадженої системи на основі зібраних даних та формулювання обґрунтованих висновків і практичних рекомендацій щодо подальшого розвитку системи моніторингу в умовах розумного будинку.

1 АНАЛІЗ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ В РОЗУМНОМУ БУДИНКУ

1.1 Сучасні підходи до енергомоніторингу в розумних будинках

Зростання витрат на електроенергію та розвиток технологій автоматизації сприяли появі різних методів моніторингу енергоспоживання у розумних будинках. Основна мета такого моніторингу — надання користувачам детальної інформації про споживання ресурсів для прийняття рішень щодо їхньої оптимізації.

Сучасні підходи до енергомоніторингу можна поділити на кілька категорій, зокрема на інвазійний та неінвазійний моніторинг. Ці два методи відрізняються за характером втручання в існуючі системи та інфраструктуру.

Інвазійний моніторинг передбачає безпосереднє втручання в електричні мережі або комунікаційні системи. Цей метод зазвичай потребує встановлення спеціальних пристроїв або модифікації існуючих систем для забезпечення точного збору даних. Наприклад, однією з таких технологій є встановлення розумних автоматичних вимикачів і реле в розподільчому щитку, що дозволяє не тільки моніторити споживання енергії, але й автоматично регулювати її подачу залежно від потреб користувачів. Іншою подібною технологією є використання розумних розеток з вбудованими лічильниками, які дають можливість контролювати споживану енергію на рівні окремих пристроїв. Також вбудовуються системи моніторингу інверторів у будинках, що оснащені сонячними панелями, для відстеження ефективності виробництва та використання енергії з відновлюваних джерел[1].

З іншого боку, неінвазійний моніторинг не вимагає змін у проводці або встановлення додаткових пристроїв у мережі. Цей метод є менш відчутним для користувача та забезпечує зручний спосіб збору даних без необхідності фізичного втручання в інфраструктуру. Одним із таких рішень є використання затискних датчиків струму (СТ-кліщів), які просто накладаються на провід і вимірюють струм без порушення цілісності лінії. Іншим варіантом є зчитування імпульсів з діоду електролічильника за допомогою спеціальних датчиків або камер, що дозволяє безконтактно отримувати показання приладів. Ще однією інновацією є використання

камер для аналізу зображень, що дає змогу відстежувати показники механічних лічильників води чи газу без необхідності втручання в саму систему вимірювання.

Характеристи ка	Home Assistant	Node-RED	OpenHAB
Призначення	Система автоматизації "розумного будинку" з акцентом на простоту використання	Візуальний інструмент для створення потоків подій та автоматизацій, добре підходить для інтеграції різних пристроїв та сервісів	Платформа для автоматизації "розумного будинку" з фокусом на гнучкість та розширюваність
Інтерфейс	Веб інтерфейс, зручний для користувачів без досвіду програмування	Візуальний редактор на основі "вузлів" та "потоків"	Веб-інтерфейс, конфігурація через файли
Простота використання	Висока, особливо для початківців	Середня, потрібне розуміння концепції "потоків"	Середня до високої, залежно від складності налаштувань
Сумісність з протоколами	Широка, завдяки великій кількості інтеграцій (Wi-Fi, Zigbee,	Висока, завдяки можливості встановлення додаткових "вузлів"	Широка, завдяки великій кількості "байндінгів" (Wi-Fi, Zigbee, Z-Wave, MQTT тощо)

	Z-Wave, MQTT тощо)		
Можливості автоматизації	Потужні, з використання м візуального редактора та YAML- конфігурації	Високі, завдяки гнучкості "потоків" та можливості використання JavaScript	Високі, з використанням правил на основі скриптів
Вартість	Безкоштовно (з відкритим кодом)	Безкоштовно (з відкритим кодом)	Безкоштовно (з відкритим кодом)
Спільнота та підтримка	Велика та активна спільнота, багато документації та прикладів	Велика спільнота, багато прикладів та навчальних матеріалів	Активна спільнота, документація
Вимоги до ресурсів	Середні	Низькі	Середні до високих, залежно від конфігурації
Мова програмуванн я	Python (для розширення функціоналу)	JavaScript	Java (для розширення функціоналу)

Переваги	Легкість налаштування, велика кількість інтеграцій, активна спільнота	Гнучкість, візуальний редактор, можливість інтеграції різних сервісів	Гнучкість, розширюваність, підтримка широкого спектру обладнання
Недоліки	Може бути складним для дуже специфічних завдань	Потребує розуміння концепції "потоків", може бути менш зручним для складних інтерфейсів	Більш складне налаштування, вищі вимоги до ресурсів

Таблиця 1 Характеристи Home Assistat, Node-Red та OpenHAB

Додаткові зауваження:

Всі три системи є безкоштовними та мають відкритий вихідний код, що забезпечує гнучкість та можливість адаптації.

Вибір системи залежить від ваших потреб, рівня технічних знань та бажаного рівня кастомізації.

Node-RED часто використовується у поєднанні з Home Assistant або OpenHAB для розширення можливостей автоматизації.

1.2 Огляд функціоналу Home Assistant для моніторингу ресурсів

Home Assistant — це потужна і гнучка платформа для автоматизації та моніторингу ресурсів у домашніх умовах, яка дозволяє інтегрувати безліч пристроїв для контролю за споживанням енергії, води та підтриманням комфортних умов. Вона дає змогу не лише отримувати точні дані в реальному часі, а й здійснювати автоматизацію різних процесів, спрямованих на зниження витрат на енергоносії та поліпшення ефективності використання ресурсів[2].

Однією з основних функцій Home Assistant є можливість інтеграції з багатьма пристроями різних брендів, у тому числі інтеграцію з енергометрами, такими як TP-Link Kasa, Growatt, Shelly, протоколами Zigbee, MQTT, Z-Wave та Matter. Ці інтеграції та протоколи дозволяють відслідковувати споживану енергію як на рівні окремих пристроїв, так і для всього домогосподарства. Платформа автоматично генерує графіки і діаграми споживання, що дозволяють зручно аналізувати зміни у використанні енергії на протязі часу, а також виявляти аномалії та тренди. Це дає змогу користувачам приймати рішення, спрямовані на оптимізацію витрат, наприклад, шляхом вимикання пристроїв, які споживають найбільше енергії.

Home Assistant також дозволяє користувачам здійснювати прогнозування енергоспоживання на основі історичних даних, що допомагає краще планувати використання електроенергії в залежності від попиту. Інтеграція з сонячними панелями і акумуляторами відкриває додаткові можливості для оптимізації енергоспоживання. Користувачі можуть моніторити не лише вироблену енергію, а й те, скільки енергії накопичується в акумуляторах та скільки використовується в реальному часі. Це дозволяє значно знизити витрати на електричну енергію, адже сонячну енергію можна використовувати вдень, а накопичену енергію — вночі, коли ціни на електрику зазвичай вищі.

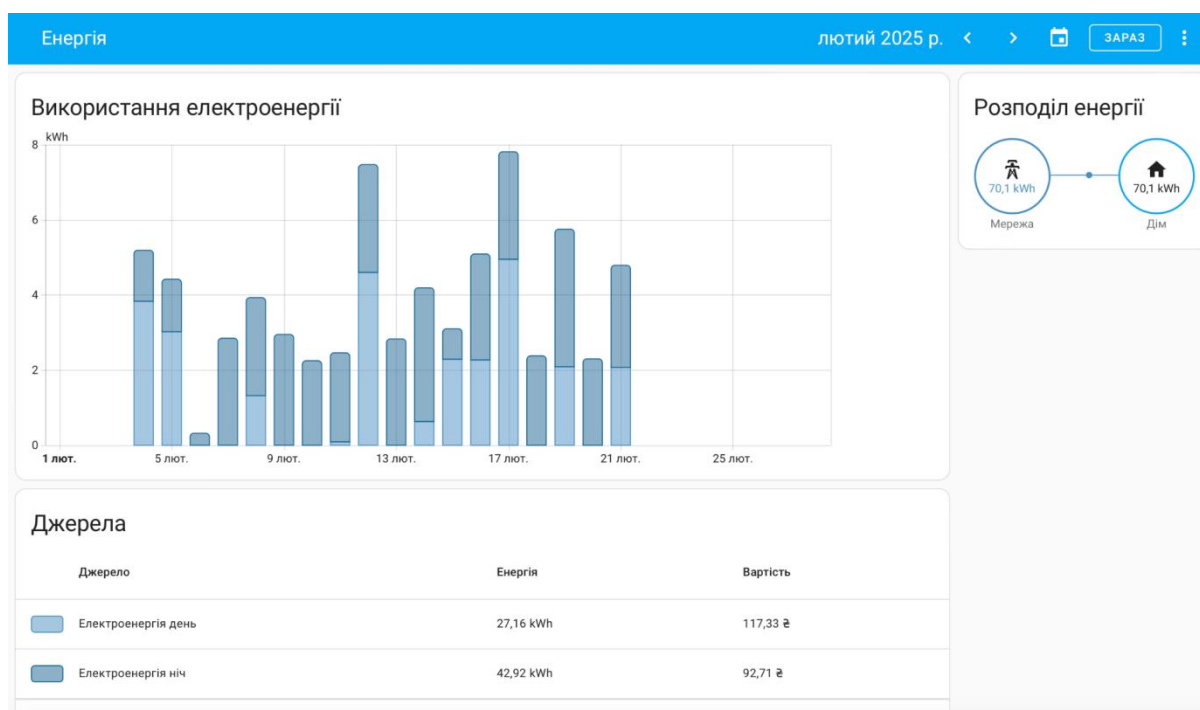


Рисунок 1 графік використання електроенергії

Платформа також підтримує інтеграцію з водяними лічильниками та датчиками витрат води, що дозволяє в реальному часі відслідковувати споживання води в домогосподарстві. Якщо виявляються аномалії, наприклад, витік води, система негайно сповіщає користувача, що дає змогу оперативно вжити заходів. Крім того, на основі отриманих даних можна створювати автоматизації, які регулюють температуру в будинку, вмикаючи або вимикаючи кондиціонери, обігрівачі та інші пристрої в залежності від встановлених температурних меж.

Завдяки інтуїтивно зрозумілому інтерфейсу, мобільним додаткам і можливості персоналізувати налаштування, Home Assistant є універсальним інструментом, який дає змогу не тільки знижувати витрати на ресурси, а й значно підвищувати комфорт і енергоефективність у домашніх умовах.

Home Assistant є відкритою платформою для автоматизації будинку, що дозволяє інтегрувати різноманітні пристрої для моніторингу енергоспоживання та управління ресурсами. Система забезпечує зручний спосіб контролю витрат енергії, дозволяючи отримувати дані в реальному часі та оптимізувати використання електроенергії в межах домогосподарства[3].

Основним елементом інтеграції є пристрої для вимірювання енергоспоживання. Найбільш популярні серед них — це енергометри на основі Wi-Fi чіпів. У випадку з

виміром споживання електроенергії це можуть бути готові пристрої сторонніх виробників екосистем TuYa, Shelly, S на кшталт розумних реле, автоматів, розеток. Також набувають популярності саморобні пристрої що працюють на основі пристроїв ESP32 та працюють в екосистемах ESPHome, або Tasmota. Усі ці які підключаються до домашньої мережі через бездротові технології. Вони дозволяють отримувати точні показники спожитої енергії в реальному часі, а також спостерігати за використанням енергії окремими пристроями в домі, що дає змогу коригувати витрати і знижувати непотрібне споживання. Крім того, підтримка технологій Zigbee та Z-Wave дозволяє забезпечити стабільне підключення для більш складних мереж автоматизації, де енергометри можуть працювати в складі великої кількості різноманітних пристроїв.

Для власників сонячних панелей Home Assistant також пропонує інтеграцію з інверторами, що дозволяє моніторити як вироблену, так і спожиту енергію. Ця функціональність дозволяє користувачам максимально ефективно використовувати власну енергію, зберігати її в акумуляторах для подальшого використання вночі або підвищеного попиту. Завдяки такому моніторингу власники сонячних панелей можуть оптимізувати використання енергії, а також знижувати витрати на електричну енергію, що отримується з мережі.

Інтеграція з пристроями для вимірювання енергії в Home Assistant надає користувачам ряд додаткових можливостей. Платформа підтримує автоматичне виявлення сумісних пристроїв, що значно полегшує налаштування системи. У разі потреби, користувач може вручну налаштувати параметри інтеграції за допомогою конфігураційних файлів, що дає можливість адаптувати платформу до специфічних вимог та типів пристроїв. Якщо пристрій не підтримує пряме підключення, користувач може скористатися сторонніми сервісами, такими як MQTT, для збору і передачі даних до Home Assistant.

Завдяки підтримці численних пристроїв для вимірювання енергії, Home Assistant дозволяє створювати автоматизації для оптимізації енергоспоживання. Наприклад, система може автоматично вимикати пристрої, коли споживання перевищує задані ліміти, або активувати певні пристрої в залежності від часу доби чи

рівня енергоспоживання. Це дає змогу не лише знижувати витрати на енергоресурси, а й підвищувати енергоефективність будинку в цілому.

Інтеграція з пристроями для вимірювання електроенергії дозволяє користувачам значно знизити витрати на електричну енергію, підвищити ефективність використання енергоресурсів і створити розумний, енергоефективний будинок.

1.3 Конфігурація тарифних зон в Україні (пікові та непікові години)

В Україні система тарифів на електричну енергію передбачає використання різних тарифних зон, що дає змогу знижувати витрати на електроенергію в залежності від часу доби. Це дозволяє оптимізувати споживання енергії та заохочувати споживачів використовувати електроенергію в непікові години. Розподіл на пікові та непікові години забезпечує гнучкість і ефективність у використанні енергетичних ресурсів.

Пікові та непікові години. В Україні встановлено різні тарифи в залежності від часу доби. Пікові години — це період часу, коли споживання електроенергії є максимальним, і відповідно, тариф на електроенергію в ці години зазвичай вищий. Непікові години характеризуються низьким споживанням енергії, тому тариф на електроенергію в ці години є значно нижчим. Зазвичай система тарифних зон виглядає таким чином:

Пікові години — це години, коли найбільше навантаження на енергетичну систему, найчастіше це період з 8:00 до 11:00 і з 18:00 до 22:00. Непікові години — це години, коли споживання енергії є мінімальним, наприклад, з 23:00 до 7:00. У цей час енергетична система не має високого навантаження, тому тарифи значно знижуються.

1.4 Види тарифів для побутових споживачів

В Україні існує кілька видів тарифних зон для побутових споживачів:

Однозонний лічильник: Споживачі платять однакову вартість за електроенергію незалежно від часу її споживання. Такий тариф використовується в

тих випадках, коли неможливо визначити точний час споживання енергії або для споживачів, які не мають можливості контролювати споживання в залежності від часу доби.

Двоставковий тариф: Це тариф, який передбачає окрему плату для пікових та непікових годин. Споживачі платять більше за електроенергію, яку споживають у пікові години, та менше — у непікові години. Такий тариф застосовується для тих, хто може керувати своїм споживанням, переміщаючи більшу частину навантаження на періоди з нижчим тарифом.

Застосування тарифів для промислових підприємств. Для промислових підприємств система тарифів також має поділ на пікові та непікові години, однак ці тарифні зони можуть бути ширшими й складнішими, залежно від обсягів споживання та специфіки роботи підприємства. Такі підприємства часто мають спеціальні контракти з енергопостачальними компаніями, які дозволяють їм значно знижувати витрати на електроенергію, якщо вони здатні управляти своєю енергетичною інфраструктурою та оптимізувати споживання енергії.

1.5 Використання тарифних зон у системах автоматизації та моніторингу

З огляду на важливість тарифних зон для управління енергоспоживанням, системи моніторингу, такі як Home Assistant, можуть бути налаштовані для автоматичного контролю споживання електроенергії в різні періоди доби. Інтеграція з енергометрами дозволяє автоматично перемикає споживання між піковими та непіковими годинами, що допомагає оптимізувати витрати на електроенергію.

Завдяки такому підходу, користувачі можуть зменшити свої витрати на електроенергію, використовуючи інтелектуальні алгоритми для управління енергоспоживанням, активуючи енергозатратні пристрої в непікові години, коли тариф на електроенергію значно нижчий[4].

2 ВИКОРИСТАННЯ РОЗУМНИХ РЕЛЕ, АВТОМАТІВ ТА ЛІЧИЛЬНИКІВ

2.1 Протоколи та екосистеми розумного дому

У сучасних системах моніторингу енергоспоживання використовується широкий спектр протоколів передачі даних. Wi-Fi залишається найпопулярнішим вибором завдяки простоті налаштування та відсутності потреби в додаткових пристроях-шлюзах. ZigBee пропонує енергоефективне рішення з високою надійністю та можливістю створення mesh-мережі, що особливо корисно у великих приміщеннях. LoRaWAN забезпечує передачу даних на великі відстані з мінімальним енергоспоживанням, що робить його ідеальним для віддаленого моніторингу.

Matter, як новий уніфікований протокол для розумного дому, поступово набирає популярності, обіцяючи безпрецедентну сумісність між пристроями різних виробників. MQTT, завдяки своїй легкості та гнучкості, став стандартом де-факто для IoT-комунікацій, дозволяючи ефективно інтегрувати пристрої в системи автоматизації розумного дому[5].

Ось порівняльна таблиця різних типів лічильників та датчиків за критеріями точності, вартості, складності встановлення:

Порівняльна таблиця лічильників

Характеристика	Механічні лічильники	Розумні лічильники
Точність	Середня	Висока
Вартість	Низька	Висока
Складність встановлення	Низька	Середня
Можливості	Облік спожитої енергії	Облік спожитої енергії, дистанційне зняття показань, багатотарифний облік, інтеграція з системами "розумного будинку"

Надійність	Висока	Середня
Термін служби	Довгий	Коротший
Недоліки	Низька точність, відсутність дистанційного зняття показань	Висока вартість, залежність від електроніки

Таблиця 2 Порівняльна таблиця лічильників

Характеристика	Інвазійні датчики	Неінвазійні датчики
Точність	Висока	Середня до високої, залежно від типу
Вартість	Висока	Низька до середньої
Складність встановлення	Висока, потрібне втручання в електричну мережу	Низька, просте встановлення
Можливості	Точне вимірювання струму, напруги, потужності	Вимірювання струму без розриву ланцюга, зчитування імпульсів лічильника
Надійність	Висока	Середня до високої
Безпека	Високий ризик при неправильному встановленні	Низький ризик

Приклади	Розумні автомати, реле, вбудовані лічильники	Датчики струму (СТ-кліщі), оптичні датчики, камери
----------	--	--

Таблиця 3 Порівняльна таблиця датчиків

2.2 Огляд ринку розумних лічильників

Сучасний ринок пропонує широкий вибір "розумних" лічильників електроенергії. При виборі такого пристрою важливо звернути увагу на ключові характеристики: наявність власного хмарного додатку, можливість підключення через обраний протокол, підтримку MQTT для інтеграції з різними сервісами, а також компактність, безпечність та простоту встановлення.

На ринку представлені як азійські, так і європейські виробники. Серед азійських брендів можна знайти такі моделі як Atorch, Stonoff, Zemismart та TOMZN, які переважно працюють через екосистему Tuuya та приваблюють споживачів нижчою ціною. Tongou спеціалізується на промислових рішеннях з підтримкою RS-485 та Modbus. Eapu виділяється своїми інноваційними рішеннями з вбудованою підтримкою LoRaWAN.

Європейський сегмент представлений австрійським виробником Fronius, болгарським Shelly та нідерландським Victron. Український виробник Smart MAIC розробив серію розумних лічильників, адаптованих до місцевих умов експлуатації, з підтримкою багатотарифного обліку та можливістю інтеграції з популярними системами автоматизації[6].

2.3 Неінвазивні технології енергомоніторингу

Неінвазивні технології енергомоніторингу дозволяють здійснювати вимірювання енергоспоживання без необхідності розривати електричний ланцюг або втручатися в систему. Це дає можливість отримувати точні дані про споживану енергію без порушення роботи електричних мереж чи підключених пристроїв. Ось

кілька основних неінвазивних технологій, які активно використовуються для моніторингу енергоспоживання:

СТ-кліщі є однією з найпоширеніших неінвазивних технологій, що використовуються для вимірювання струму. Вони працюють на принципі електромагнітної індукції, де датчик, накладаючись на фазний провід, реєструє електричний струм, не розриваючи ланцюг. Ця технологія дозволяє здійснювати вимірювання без фізичного контакту з проводами та є надзвичайно зручною для дому та промислових об'єктів.

Прикладом таких датчиків є SCT-013-000, що використовується з мікроконтролерами, такими як ESP32 або Arduino. Ще одним популярним рішенням є Shelly EM, яке дозволяє інтегрувати дані про енергоспоживання безпосередньо з Home Assistant через протокол MQTT, забезпечуючи простоту використання і інтеграції.

Інфрачервоні сенсори використовуються для визначення імпульсів світла, що виходять від світлодіодних індикаторів на електролічильниках. Це дозволяє безконтактно зчитувати показники старих та нових моделей лічильників, що використовують світлодіодні спалахи для індикації споживаної енергії. Прикладом такого рішення є ITRON або Tasmota IR Meter Sensor, які можна встановлювати на електролічильники для фіксації імпульсів, що відповідають певній кількості спожитої енергії.

Це пристрої, які дозволяють вимірювати різні параметри енергоспоживання, такі як напруга, струм, потужність та енергія, без необхідності підключатися до проводів. Один із таких пристроїв — PZEM-004T V3, цифровий мультиметр, який за допомогою інтеграції з платформами, такими як ESPHome або Tasmota, може передавати дані для подальшого аналізу. Ці прилади забезпечують високу точність вимірювань і є зручними для побудови систем енергомоніторингу.

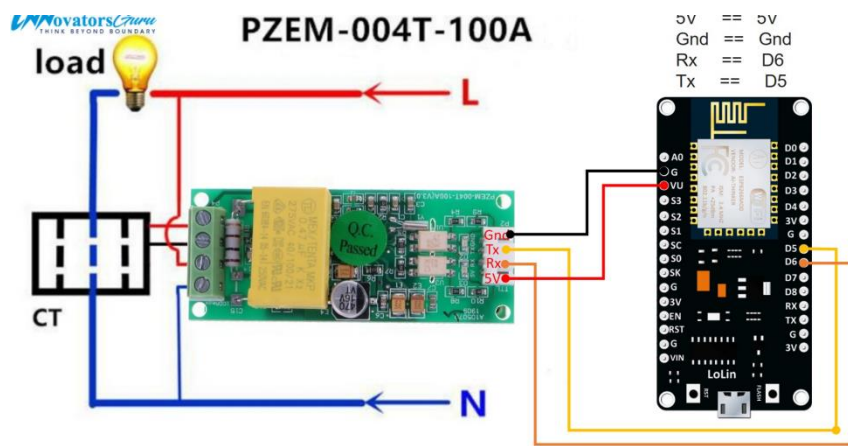


Рисунок 2 приклад саморобної схеми енергомоніторингу

Розумні розетки, такі як Sonoff POWR2, дозволяють вимірювати споживану енергію на рівні конкретного пристрою, який підключений до розетки. Ці пристрої оснащені датчиками, які безпосередньо вимірюють споживану потужність і передають дані через Wi-Fi або інші бездротові протоколи. Вони інтегруються з платформами домашньої автоматизації і дозволяють користувачам моніторити енергоспоживання в реальному часі[7].

Ці неінвазивні технології значно полегшують процес моніторингу енергоспоживання, оскільки вони дозволяють отримати точні дані без необхідності фізичного втручання в електричну мережу або обладнання, що працює. Вони особливо корисні для побудови систем енергетичного моніторингу та автоматизації в розумних будинках, а також для підприємств, що прагнуть підвищити свою енергоефективність.

2.3.1 Оптичні технології зчитування

Інноваційний підхід до зчитування показників електролічильників за допомогою оптичних сенсорів набуває все більшої популярності, оскільки дозволяє здійснювати точний та безконтактний моніторинг споживання енергії. Основний принцип роботи цієї технології полягає у фіксації імпульсів, які генеруються світлодіодним індикатором на лічильнику, коли він відображає спожиту енергію. Кожен спалах світла відповідає певній кількості енергії, яку споживає об'єкт, що дозволяє отримувати точні дані про споживання в реальному часі. Застосування таких рішень, як ITRON, Tasmota IR Meter Sensor, ESPHome Non-Invasive Power Meter та

Home Assistant Glow, дає можливість здійснювати ці вимірювання без необхідності фізичного втручання у роботу лічильника.

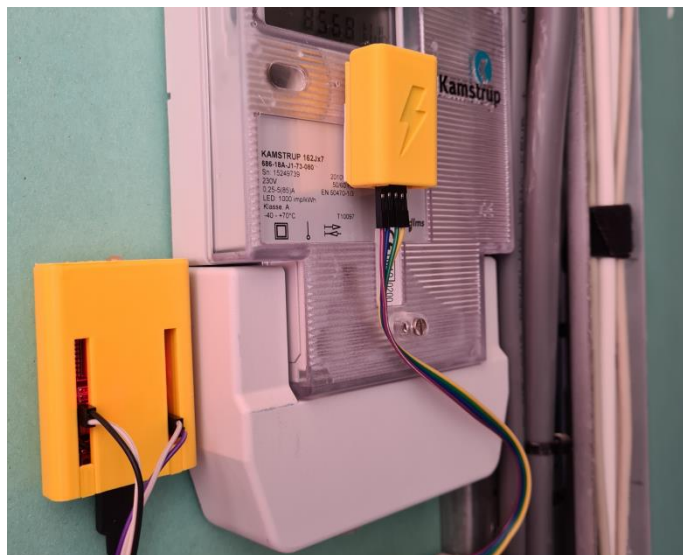


Рисунок 3 Приклад зчитування імпульсів лічильника за допомогою Home Assistant Glow

Сенсори, що застосовуються в таких системах, встановлюються безпосередньо навпроти світлодіодного індикатора лічильника і здатні точно визначати моменти спалаху, що є сигналом про спожиту енергію. Це дозволяє ефективно відслідковувати споживання енергії, знижуючи ризик помилок, пов'язаних із ручним зчитуванням показників або зламаними лічильниками. Такий підхід дозволяє не тільки моніторити нові моделі лічильників, а й старі, які можуть не мати вбудованих можливостей для цифрового зчитування даних.

Ця технологія надає значні переваги, оскільки вона проста у впровадженні та не вимагає значних змін в існуючих інфраструктурах, таких як заміна лічильників. Вона також дозволяє інтегрувати зчитування даних у більш широкі системи автоматизації, наприклад, у розумні будинки, де за допомогою таких рішень можна автоматично збирати та аналізувати дані про споживану енергію, покращуючи енергоефективність. Крім того, використання оптичних сенсорів забезпечує безпечність та надійність процесу, оскільки зчитування здійснюється на відстані, без фізичного контакту з електричними приладами[8].

Таким чином, застосування оптичних сенсорів для зчитування імпульсів з електrolічильників є перспективною та зручною технологією, що може знайти широке

застосування у різних сферах, від домашнього енергетичного моніторингу до великих інфраструктурних проектів, що вимагають високої точності та зручності у зборі даних.

2.3.2 Використання систем комп'ютерного зору.

Прогресивним методом збору даних є використання камер для зчитування показників лічильників. У цьому випадку камера спрямовується на дисплей механічного або електронного лічильника, а спеціальні алгоритми розпізнавання символів (OCR) зчитують показники. Така система може бути реалізована в Home Assistant за допомогою AI-модулів, таких як ESP32-CAM та бібліотеки комп'ютерного зору OpenCV.



рис.4 механічний лічильник зі встановленою камерою

Сучасні виробники все частіше інтегрують у свої пристрої підтримку декількох протоколів передачі даних, що забезпечує максимальну гнучкість при впровадженні. Також спостерігається тенденція до використання штучного інтелекту для прогнозування споживання та виявлення аномалій, що допомагає оптимізувати енергоспоживання та попереджати можливі проблеми. Важливим трендом є також підвищення безпеки передачі даних та захист від несанкціонованого доступу до пристроїв обліку. Одним з найефективніших підходів до моніторингу

енергоспоживання є використання спеціалізованих пристроїв, які можуть бути інтегровані в систему автоматизації, таку як Home Assistant. Ці пристрої дозволяють не тільки відстежувати споживання енергії, але й здійснювати контроль та управління побутовими приладами в реальному часі, що значно підвищує ефективність використання ресурсів.

Розумні реле, такі як Shelly, Sonoff і Tuuya, є одними з найбільш популярних пристроїв для моніторингу та управління енергоспоживанням. Вони дозволяють не лише включати та вимикати прилади, але й вимірювати їхнє споживання енергії, що дозволяє користувачам точніше контролювати витрати електроенергії. Зокрема, ці реле можуть бути налаштовані таким чином, щоб автоматично вимикати прилади в пікові години або за певними графіками, що допомагає знижувати витрати на енергоспоживання.

Окрім реле, існують також автоматичні вимикачі з функцією моніторингу, такі як Shelly Pro 4PM, ABB та Legrand. Ці пристрої дозволяють контролювати енергоспоживання окремих ліній електропроводки в будинку. Вони особливо корисні для великих домогосподарств або комерційних приміщень, де є багато різних електричних ліній та пристроїв, що споживають енергію. З таким обладнанням можна забезпечити точний моніторинг і контроль на рівні кожної окремої лінії, що дозволяє не тільки виявляти неефективні споживачі, але й проводити необхідні коригування для оптимізації енергоспоживання.

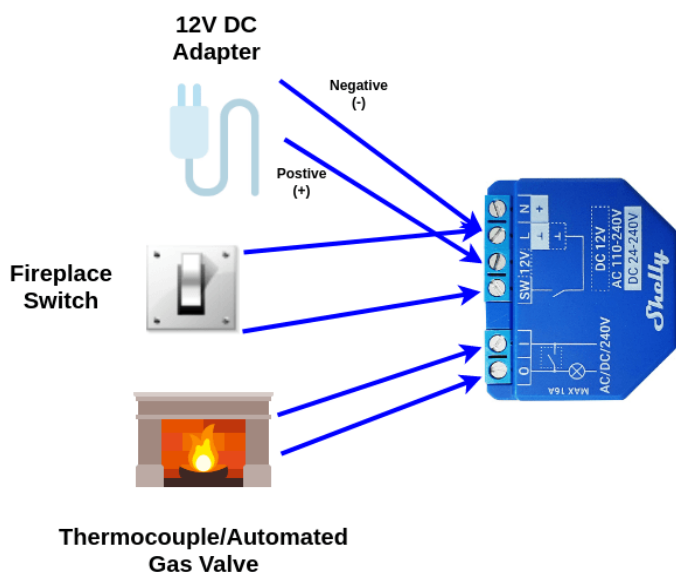


Рисунок 6 Розумні реле для моніторингу та управління енергоспоживанням

Ще одним корисним пристроєм є розумні розетки з вбудованими лічильниками. Вони використовуються для підключення побутових приладів, таких як телевізори, комп'ютери або кухонна техніка. За допомогою таких розеток можна не тільки автоматизувати включення та вимикання приладів, але й безпосередньо вимірювати їхнє споживання енергії, що дає змогу точніше планувати витрати на електроенергію.

Завдяки інтеграції цих пристроїв у систему Home Assistant, можна автоматизувати багато процесів, наприклад, вимикати непотрібні споживачі в пікові години або в разі досягнення певного рівня споживання. Це дозволяє значно зменшити витрати на енергію, покращити ефективність використання електричних пристроїв і забезпечити зручний контроль за енергоспоживанням у будинку чи на підприємстві.

2.3.3 Моніторинг електроенергії за допомогою датчиків та камер

Моніторинг електроенергії за допомогою датчиків та камер є інноваційним підходом, що дозволяє здійснювати ефективний контроль за споживанням електроенергії без необхідності втручання в існуючі прилади чи електричні системи. Ці методи не вимагають заміни старих лічильників або змін у проводці, що робить їх зручними та економічними для впровадження в різноманітні інфраструктури.

Одним з таких методів є оптичний моніторинг імпульсного діоду лічильника. Багато електrolічильників, особливо старі моделі, оснащені світлодіодним індикатором, який блимає відповідно до кількості спожитої енергії. Це дозволяє за допомогою спеціальних датчиків, таких як оптичні сенсори, зчитувати імпульси світлодіода та перетворювати їх на цифрові дані. Це рішення особливо корисне для тих користувачів, у яких немає можливості встановити нові розумні лічильники, але вони хочуть модернізувати систему моніторингу енергоспоживання. Датчики можуть бути встановлені на лічильники, щоб безконтактно зчитувати показники, а отримані дані передавати до системи для подальшого аналізу[9].

Ще одним цікавим методом є використання камер з розпізнаванням цифр на дисплеях лічильників. Це технологія, яка дозволяє знімати зображення з лічильників

води чи газу, що не мають цифрових виходів, і автоматично розпізнавати показники на дисплеях за допомогою програмного забезпечення для оптичного розпізнавання символів (OCR). Камери можуть бути налаштовані для регулярного зчитування показників лічильників і передавання їх у систему для подальшої обробки. Це є необхідність в автоматизації моніторингу споживання.

Обидва ці методи дають можливість безперервно контролювати енергоспоживання, водоспоживання чи газоспоживання без необхідності фізичного зчитування даних, що робить процес більш зручним, швидким та точним. Такі технології також дозволяють знижувати ймовірність помилок, пов'язаних із людським фактором, та забезпечують автоматичну передачу даних у систему для подальшого аналізу.

2.4 Моніторинг окремих пристроїв

У сучасних розумних будинках важливо знати, скільки електроенергії споживають окремі пристрої. Це допомагає зменшити витрати та ефективніше використовувати енергію. Home Assistant — система, що дозволяє відстежувати споживання енергії кожним пристроєм у домі.

Для початку потрібні спеціальні пристрої, здатні вимірювати споживання енергії. Одним із таких є розумні розетки. Вони вставляються в звичайну розетку, а потім до них підключається електроприлад. Розумна розетка вимірює, скільки енергії споживає підключений пристрій, і передає ці дані до Home Assistant. Прикладом такої розетки є Таро P115, яка підтримує Wi-Fi та може відстежувати споживання енергії.

Іншим варіантом є розумні реле. Вони встановлюються за звичайними вимикачами та дозволяють контролювати підключені пристрої через Home Assistant. Деякі з них також можуть вимірювати споживання енергії. Наприклад, ZigBee дифавтомат з енергомоніторингом WDYK трифазний 16А може контролювати споживання енергії окремих пристроїв або груп пристроїв.

Деякі сучасні електроприлади, такі як кондиціонери або бойлери, мають вбудовані датчики, що вимірюють споживану потужність у ватах (W). Якщо пристрій надає такі дані, Home Assistant може використовувати їх для розрахунку спожитої

енергії. Для цього використовується спеціальна функція, яка інтегрує дані про потужність у часі, щоб отримати споживання енергії в кіловат-годинах (kWh).

Після налаштування обладнання та підключення його до Home Assistant можна бачити, скільки енергії споживає кожен пристрій. Це дозволяє виявити, які прилади споживають найбільше енергії, і прийняти рішення щодо їх ефективного використання або заміни на більш енергоефективні моделі.

Використовуючи Home Assistant для моніторингу споживання енергії окремими пристроями, можна краще розуміти та контролювати енергоспоживання у домі, що допомагає зменшити витрати та зробити будинок більш екологічним.

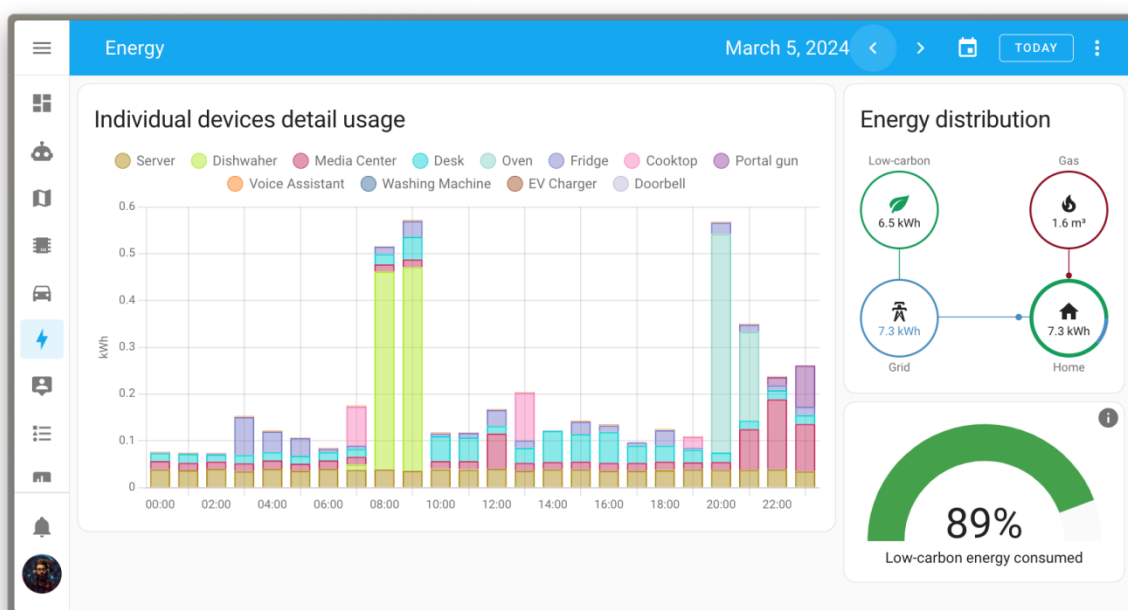


Рисунок 7 візуалізація моніторингу споживання енергії окремими пристроями

2.5 Візуалізація та аналітика в Home Assistant

Одним із основних інструментів для аналізу споживання в реальному часі є графіки та дашборди в системі Home Assistant. Це дозволяє користувачам легко побачити динаміку енергоспоживання на різних пристроях або в окремих зонах будинку або підприємства. Дашборди можуть бути налаштовані для показу різних параметрів, таких як поточне споживання, середнє споживання за день, тиждень або місяць, а також порівняння споживання в різні часові періоди. Така візуалізація

допомагає оперативно реагувати на зміни в енергоспоживанні, виявляти неефективних споживачів і оптимізувати використання енергії.

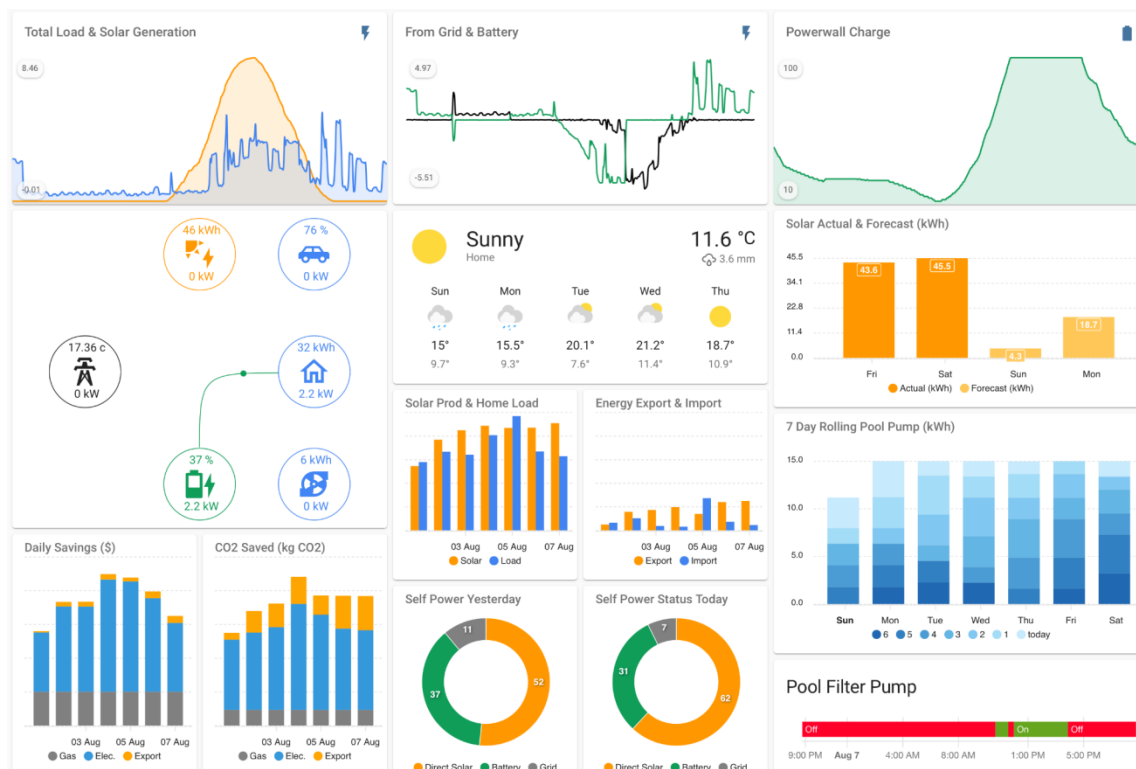


Рисунок 8 Дашборди в Home Assistant

Налаштування тарифних зон, таких як пікові та непікові години, є важливим елементом для розрахунку вартості енергії. Це дозволяє враховувати змінні тарифи на енергію, які застосовуються в залежності від часу доби. Користувачі можуть налаштувати систему так, щоб вона враховувала різницю в тарифах для пікових і непікових годин, а також автоматично оптимізувала споживання, зменшуючи його в часи високих тарифів і збільшуючи в більш дешеві періоди. Це дає можливість значно знизити витрати на енергію, особливо для домогосподарств або підприємств з високим рівнем споживання.

Автоматизація процесів для зниження споживання енергії в дорогі періоди часу є ще одним важливим аспектом. Завдяки системам, інтегрованим з Home Assistant, можна створювати автоматичні сценарії, які, наприклад, вимикають або зменшують потужність приладів у пікові години[10]. Це може включати такі дії, як вимикання кондиціонерів, приладів для обігріву, освітлення чи інших електричних пристроїв, які не є критично важливими в даний момент. Завдяки такій автоматизації,

енергоспоживання стає більш ефективним і знижується навантаження на електричну мережу в години пікових навантажень.

Таким чином, сучасні системи моніторингу енергоспоживання надають не лише точні дані, а й можливість їхньої зручної візуалізації та аналізу. Вони дозволяють користувачам не тільки контролювати витрати на енергоресурси, а й здійснювати оптимізацію споживання завдяки використанню графіків, тарифних зон і автоматизованих сценаріїв.

2.6 Моніторинг води та газу

Моніторинг водоспоживання та газу є важливою складовою системи енергомоніторингу, що дозволяє ефективно управляти ресурсами та забезпечувати їхнє раціональне використання. Для реалізації цього процесу застосовуються різноманітні технології, які дають змогу не тільки зібрати дані про споживання, але й своєчасно реагувати на можливі витoki чи неефективне використання.

Одним з таких методів є використання розумних лічильників з імпульсним виходом. Ці лічильники мають вбудовані механізми, що генерують імпульси відповідно до кількості спожитої води або газу. Імпульсні виходи дозволяють підключати спеціалізовані пристрої для зчитування цих імпульсів, що забезпечує безконтактний і точний моніторинг. Дані з таких лічильників можна автоматично передавати в систему для подальшого аналізу та візуалізації, що допомагає контролювати споживання ресурсів у реальному часі.

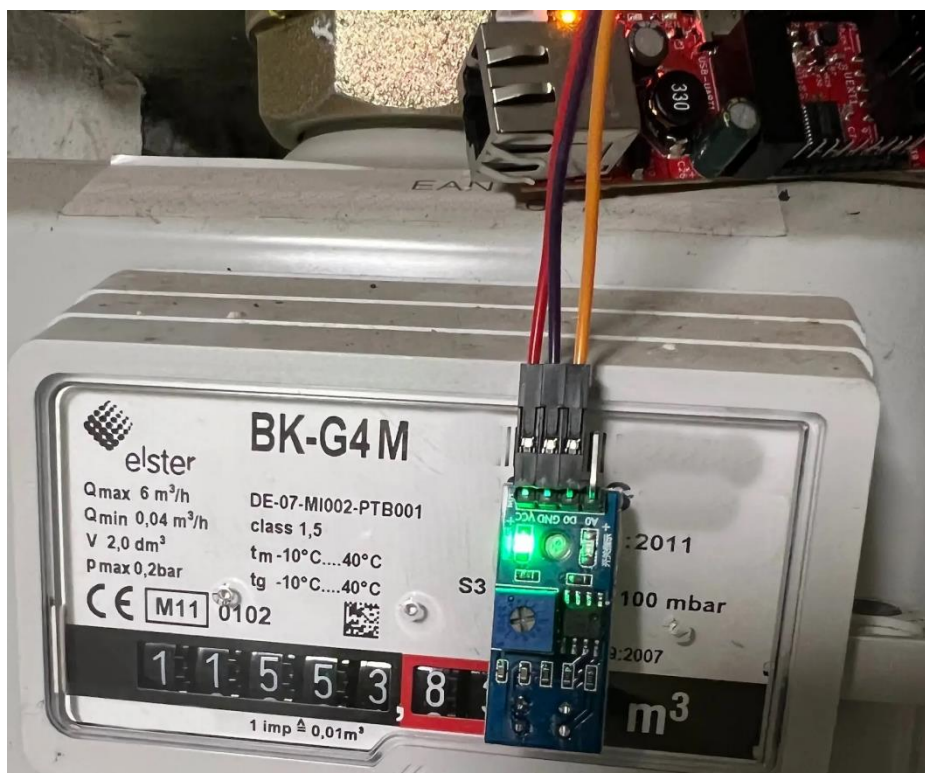


Рисунок 9 лічильник з імпульсним виходом

Інший метод передбачає використання датчиків потоку та тиску. Ці датчики встановлюються на трубопроводах і дозволяють вимірювати потік води або газу, а також тиск у системі. Датчики потоку вимірюють об'єм проходячого через них ресурсу, що дає змогу здійснювати моніторинг водоспоживання або газоспоживання в реальному часі. Вони дозволяють оперативно виявляти зміни в споживанні, що може свідчити про витіки або аномалії в роботі системи[11].

Крім того, для моніторингу механічних лічильників води та газу використовуються камери та алгоритми розпізнавання цифр. У цьому випадку камера знімає покази механічного лічильника, а спеціальне програмне забезпечення, засноване на алгоритмах оптичного розпізнавання символів (OCR), автоматично розпізнає та передає ці покази в систему для подальшого аналізу. Такий підхід дозволяє автоматизувати процес зчитування даних з лічильників, не потребуючи фізичного втручання, і є ефективним для тих лічильників, які не оснащені цифровими виходами або не підтримують інтеграцію з іншими системами.

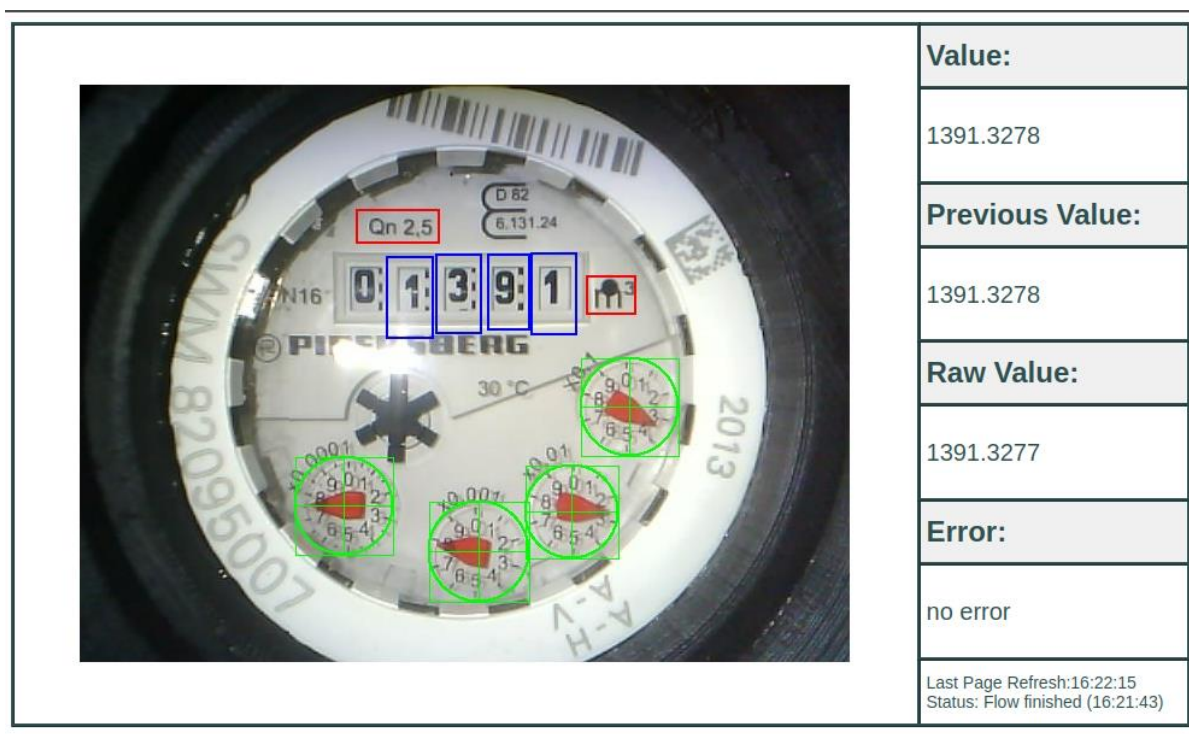


Рисунок 10 алгоритм оптичного розпізнавання символів

Ці методи не тільки допомагають зібрати точні дані про водоспоживання та газоспоживання, але й дають можливість вчасно отримувати сповіщення про можливі витіки. Завдяки цьому користувачі можуть оперативно вжити необхідних заходів для запобігання витратам на зайві ресурси та уникнути негативних наслідків, таких як повені чи витіки газу. Така система моніторингу є важливою частиною для забезпечення ефективного використання природних ресурсів та підтримки безпеки.

2.7 Енергомоніторинг інверторів та сонячних станцій за допомогою Home Assistant

Через повномасштабне вторгнення росіян та атаки на енергомережу України, українці почали більше використовувати сонячні електростанції та інвертори. Важливим аспектом ефективного використання цих систем є можливість моніторингу їхньої роботи та контролю енергоспоживання. Home Assistant надає широкі можливості для збору, обробки та візуалізації даних про виробництво і споживання енергії, що дозволяє користувачам аналізувати ефективність роботи своїх інверторів майже у реальному часі.

Home Assistant підтримує різні офіційні інтеграції для моніторингу роботи інверторів. Серед них:

Growatt – популярний виробник сонячних інверторів, який має офіційну інтеграцію для отримання даних про потужність виробництва, напругу та інші параметри. Fronius – один з провідних брендів, що надає API для інтеграції в Home Assistant. SolarEdge – підтримується через офіційну інтеграцію, що дозволяє отримувати дані безпосередньо з інвертора[12].

Окрім офіційних інтеграцій, існують також сторонні проєкти, які дозволяють додати підтримку для інверторів, що не мають власного API або офіційної інтеграції: *PipSolar PV Inverter* – проєкт, який дозволяє інтегрувати інвертори серії PipSolar через MQTT.

esphome-pipsolar – рішення на основі ESPHome для збору даних з інверторів PipSolar та їх передачі в Home Assistant. *Solar Assistant* – це сторонній програмний продукт, який працює на мінікомп'ютерах (наприклад, Raspberry Pi) та дозволяє моніторити роботу інверторів через локальну мережу. Він може інтегруватися з Home Assistant, надаючи розширені можливості для збору даних та їх візуалізації. Інтеграція Solar Assistant з Home Assistant дозволяє передавати інформацію про виробництво і споживання електроенергії, стан акумуляторів та інші важливі параметри.

Home Assistant надає зручний інструмент для моніторингу роботи інверторів через панель Енергія. Вона дозволяє відображати такі параметри, як виробництво електроенергії, її споживання, використання акумуляторних батарей та повернення в мережу. Розділ Сонячне виробництво у конфігурації панелі енергії дозволяє додати та відстежувати генерацію енергії сонячними панелями [Home Assistant Solar Panels](<https://www.home-assistant.io/docs/energy/solar-panels/>).

Використання Home Assistant для моніторингу інверторів дозволяє не лише контролювати генерацію електроенергії, а й оптимізувати її використання, забезпечуючи ефективність автономних та гібридних енергосистем.

Розумний шунт – це важливий елемент у системах з акумуляторами, який дозволяє точно вимірювати параметри батареї. Зазвичай інвертор може отримувати інформацію про стан акумулятора, але він робить це не безпосередньо, а через власні

розрахунки, що не завжди дає точні результати. Саме тому для детального моніторингу використовують спеціальні пристрої – шунти або системи управління батареями (BMS).

Шунт працює за простим принципом: він підключається до акумулятора і вимірює силу струму, що проходить через нього. На основі цих даних можна визначити рівень заряду, поточне споживання, залишкову ємність та інші параметри. Якщо підключити шунт до Home Assistant, то можна отримувати точну інформацію в реальному часі, вести статистику та оптимізувати використання енергії.

Один із популярних варіантів – це Victron SmartShunt, який підтримує зв'язок через Bluetooth або використовується з контролером для передачі даних у систему розумного дому. Також існують BMS-системи, наприклад Daly BMS, які не лише відстежують стан акумуляторів, а й можуть керувати їхнім зарядом та розрядом, забезпечуючи безпеку роботи[13].

Розумний шунт – це фактично очі й вуха системи накопичення енергії. Він дає змогу не лише спостерігати за процесами, а й своєчасно реагувати на зміни, запобігаючи надмірному розрядженню або перевантаженню акумулятора. У поєднанні з Home Assistant можна налаштувати автоматизацію, яка дозволить, наприклад, вмикати зарядку вночі, коли електроенергія дешевша, або перемикати живлення на батарею у разі відключення мережі.

РОЗДІЛ 3 ВПРОВАДЖЕННЯ СЕНСОРА СПОЖИВАННЯ ВОДИ НА БАЗІ ESPHOME ТА HOME ASSISTANT

Для реалізації моніторингу споживання води в розумному будинку використовується недороге рішення на основі датчика наближення та мікроконтролера ESP32. Даний підхід дозволяє отримувати інформацію про витрату води в реальному часі та інтегрувати її з системою автоматизації Home Assistant.

Випуск Home Assistant 2022.11 додав можливість відстеження споживання води на інформаційній панелі Home Assistant Energy[14].

Водомір є аналоговим вимірювальним приладом. На щастя, він оснащений обертовим колесом, що містить магніт. Цей магніт може бути виявлений датчиком наближення, який генерує імпульс. Кожен імпульс відповідає об'єму води, визначеному характеристиками водоміра. У моєму випадку: $1 \text{ імпульс} = 0,0001 \text{ м}^3 \times 10 = 1 \text{ літр}$.



Рисунок 11 водомір

Датчик наближення (LJ18A3). Датчик наближення визначає наявність металу поблизу. У цьому випадку він здатний розпізнавати металевий елемент, закріплений на лічильнику, і генерувати імпульс щоразу, коли лічильник завершує повний цикл.

Для правильного зчитування показників водоміра необхідно правильно підключити датчик. Внутрішня схема підключення LJ18A3-8-Z/BX визначає принцип його роботи. Існує безліч різних датчиків наближення, тому легко придбати

невідповідну модель. Деякі з них потребують додаткових резисторів для коректної роботи, але у випадку LJ18A3 вони не потрібні. Важливо також переконатися, що датчик працює з напругою 5В.

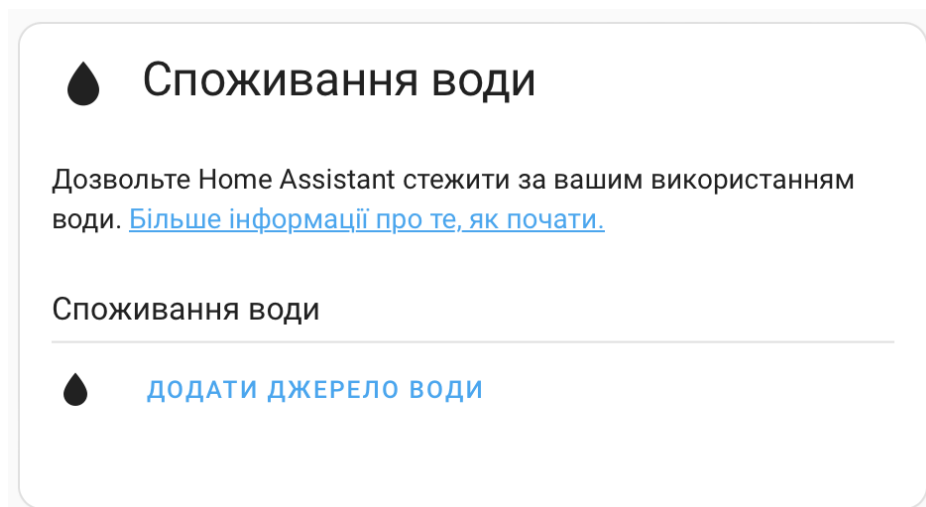


Рисунок 12 споживання води в панелі Енергії Home Assistant

Плати ESP — це недорогі Wi-Fi-чипи, які мають вбудовану флеш-пам'ять, що дозволяє створювати пристрої з можливістю підключення до Wi-Fi без додаткових модулів. Новіші версії, такі як плати ESP32, також підтримують BLE (Bluetooth Low Energy) і доступні у великій різноманітності моделей.

Для цього проєкту я використовую плату ESP8266, зокрема модуль NodeMCU. Віддаю перевагу використанню відладочної плати, оскільки вона має вбудований USB-інтерфейс, а всі контакти вже припаяні, що значно спрощує її використання. Придбати таку плату можна в популярних китайських інтернет-магазинах або на Amazon за ціною від 130,65 до 435,51 гривні.

На AliExpress можна знайти найдешевші пропозиції, але з найповільнішою доставкою. Banggood пропонує хороші знижки при купівлі 10 штук, де вартість одного модуля ESP трохи перевищує 2 долари. На Amazon доставка найшвидша, але ціни вищі.

Чому важливо вимірювати споживання води в домогосподарствах?

У сучасному світі аналіз даних стає важливою складовою для ефективного управління ресурсами. Я особисто вимірюю всі свої комунальні послуги, включаючи

електроенергію та централізоване опалення. Однак останнім елементом, який ще потребував моніторингу, є споживання води. Незважаючи на те, що в Нідерландах вода не є дуже дорогою, я прагнув отримати більше інформації про кількість використаної води та знайти можливості для її заощадження. Проте система водопостачання не оснащена смарт-лічильником і використовує тільки традиційний аналоговий лічильник. Тому постало питання: як виміряти споживання води та «осучаснити» цей аналоговий лічильник[30]?

Інтеграція споживання води в панель енергоспоживання Home Assistant

У версії 2022.11 Home Assistant була додана можливість відслідковувати споживання води через панель енергоспоживання. Оновлена конфігурація ESPhome тепер підтримує цю функцію. Завдяки MJV, який поділився своєю конфігурацією на форумах Home Assistant, стало можливим інтегрувати вимірювання води в систему автоматизації будинку.

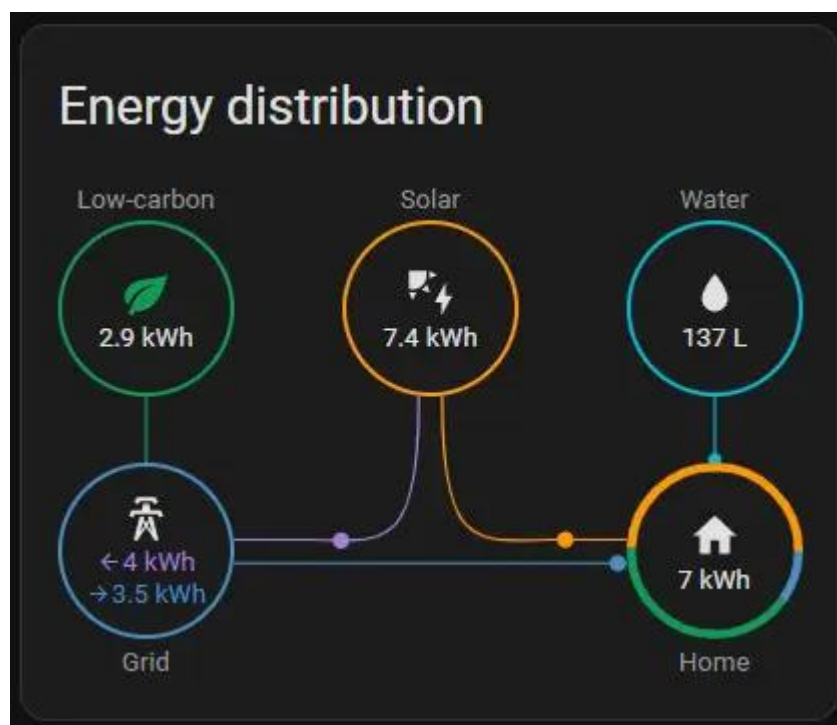


Рисунок 13 панель енергії Home Assistant

Як отримати дані з лічильника води

Лічильник води є аналоговим приладом для вимірювання витрат води. Однак, він має обертове колесо, на якому розташований магніт[15]. Цей магніт можна зафіксувати за допомогою датчика наближення, який генерує імпульс кожного разу,

коли магніт проходить повз нього. Кожен імпульс відповідає певній кількості спожитої води, визначеній виробником лічильника. У моєму випадку: один імпульс дорівнює $0,0001 \text{ м}^3$, що в еквіваленті становить 1 літр води.



Рисунок 14 імпульсний лічильник води

Увага до різновидів лічильників води

Необхідно врахувати, що існує багато різних типів лічильників води. Кожен лічильник може мати свій власний магніт, який розпізнається датчиком наближення, а також різні значення для імпульсного лічильника. Цю інформацію можна знайти безпосередньо на самому лічильнику[29].

Що потрібно для створення смарт-лічильника води?

Тепер давайте перейдемо до практичної частини — що саме необхідно для створення смарт-лічильника води.

1. Датчик наближення (LJ18A3)

Датчик наближення реагує на присутність металу. Цей датчик здатний виявити металевий елемент, що встановлений на лічильнику, і генеруватиме імпульс кожного разу, коли буде завершено повний цикл обертання лічильника.



Рисунок 15 датчик наближення

Згідно з актуальним курсом (1 євро $\approx$ 40 грн, 1 долар $\approx$ 36 грн), ціни на плати будуть такими:

Різноманіття датчиків наближення та вибір правильного

Існує безліч різних датчиків наближення, і легко можна придбати неправильний. Також є багато рішень, які вимагають використання резисторів для коректної роботи[28]. Якщо ви купуєте датчик **LJ18A3**, вам не потрібно турбуватися про резистори, оскільки вони вже вбудовані в сам сенсор. Важливо також переконатися, що ви придбали версію на 5 В, щоб мати змогу жити датчик безпосередньо від ESP. Після ретельного дослідження я зупинився на датчику **LJ18A3-8Z/BX**, який можна придбати на AliExpress.com. Важливо купити саме цю модель, оскільки в іншій варіації резистор може бути відсутній, а цей датчик працює на 5 В.

Плата контролера ESP

Плати ESP — це недорогі чіпи Wi-Fi, які мають вбудовану флеш-пам'ять, що дозволяє створити одноплатний пристрій, здатний підключатися до Wi-Fi. Новіші версії, як-от плати ESP32, також мають Bluetooth Low Energy (BLE). Існує безліч варіантів плат, які можна використовувати для різних проєктів[16].

Для цього проєкту я використовую плату ESP8266 у варіанті NodeMCU. Я віддаю перевагу використанню Development Board, оскільки вона має USB-порт, а всі пін-контакти вже припаяні, що спрощує процес підключення та налаштування. Такі

плати можна придбати у китайських магазинах або на Amazon за ціною від 120 до 400 грн.

Ось посилання на кілька магазинів: AliExpress.com (найдешевший варіант, але з повільною доставкою), Banggood (швидша доставка) або Amazon (швидка доставка, але дорожчі ціни). У магазині Banggood є вигідна пропозиція, якщо купити 10 плат: одна плата буде коштувати трохи більше ніж 80 грн.

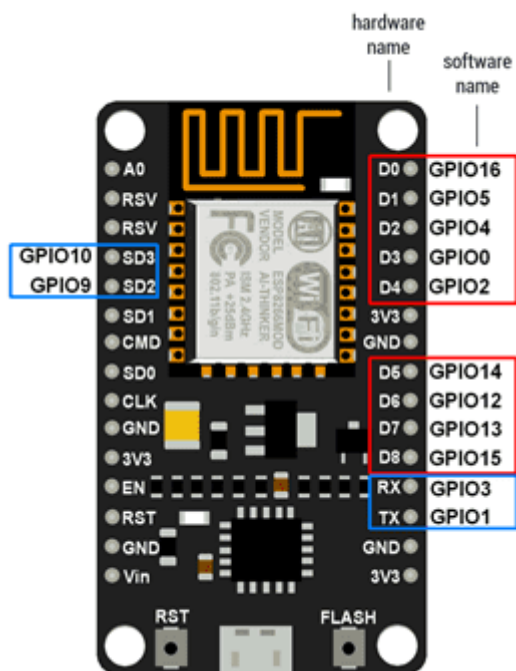


Рисунок 16 плата NodeMCU ESP8266

Список необхідних матеріалів

Обов'язкові компоненти

1. Плата ESP8266 або ESP32 (якщо потрібно використовувати функції Bluetooth)

Для цього проєкту я використовую плату ESP8266 у варіанті NodeMCU. Таку плату можна придбати в будь-якому магазині, наприклад, на AliExpress (найдешевша доставка, але довга), Banggood або Amazon (швидша доставка, але дорожча)[27].

На Banggood є вигідна пропозиція, якщо купити 10 плат: одна плата коштує трохи більше ніж 80 грн.

2. Датчик наближення LJ18A3-8Z/BX

Переконайтеся, що ви купуєте датчик 5V LJ18A3-8Z/BX, як зазначено в попередньому розділі. Цей датчик можна знайти на AliExpress.

3. Тайрапи або липучки для кріплення датчика до лічильника води

Ці аксесуари можна придбати на AliExpress.

4. Корпус для зберігання електронних компонентів

Придбати корпус можна на Banggood (або купити 5 штук, що значно дешевше).

Додаткові компоненти

1. Дупонт-кабелі

Кабелі можна купити на Amazon, Banggood або AliExpress.

2. Гарячий клейовий пістолет або паяльник, або конектори з термоусадкою

Ці інструменти та матеріали також можна знайти на Banggood або AliExpress.

Як створити сенсор для вимірювання споживання води[26]

Створення сенсора — це кілька простих кроків, і навіть пайка є необов'язковою.

Деякі кроки можуть містити загальні статті для введення. Переконайтеся, що ви повертаєтесь до цієї статті для подальшого виконання кроків.

Щоб побудувати сенсор для вимірювання споживання води, слід виконати наступні прості 5 кроків:

1. Встановіть ESPHome в Home Assistant і створіть вузол для сенсора води

ESPHome — це система для керування платами ESP8266/ESP32 через прості, але потужні конфігураційні файли, а також для віддаленого керування через системи автоматизації, такі як Home Assistant[17].

ESPHome є дуже потужним, легким у налаштуванні та стабільним. Я ніколи не стикався з проблемами. Інтеграція з Home Assistant безперебійна, включаючи автопошук пристроїв і конфігурацію в один клік.

2. Прошивка плати ESP Home Assistant

Після того, як ESPHome буде налаштований і вузол створений, час компілювати прошивку та прошити плату ESP з базовою прошивкою ESPHome. Покрокову інструкцію можна знайти в статті “Flash ESP chip with ESPHome node firmware”.

3. Підключіть датчик наближення до плати ESP і встановіть його на лічильник води

Як згадувалося раніше, датчик LJ18A3-8Z/BX вже має вбудований резистор і працює на 5 вольт. Підключення цього датчика до плати ESP є дуже простим

завданням. Якщо хочете полегшити процес, замовте жінки-кабелі Dupont (можна знайти на Banggood або AliExpress) та конектори з термоусадкою (також на Banggood або AliExpress).

Колір проводів може трохи відрізнятися; я бачив, що для землі використовуються як помаранчеві, так і рожеві дроти.

4. Закріпіть датчик на лічильнику води

Після підключення датчика необхідно правильно закріпити його на лічильнику води, щоб він міг коректно вимірювати кількість обертів колеса лічильника.

5. Налаштуйте ESPHome для передачі даних про вимірювання в Home Assistant

Після налаштування ESPHome для роботи з датчиком, потрібно переконатися, що вимірювання будуть доступні в Home Assistant для подальшого використання.

Ці кроки дозволяють створити смарт-систему для вимірювання споживання води та інтегрувати її з існуючою платформою автоматизації будинку.

таблиця підключення датчику наближення до плати ESP

Колір дроту	Пін на ESP8266	Призначення
Чорний (Black)	D6	Сигнал (Pulse)
Помаранчевий/Рожевий (Orange/Pink)	5V (VIN)	Живлення (5V)
Синій (Blue)	Ground (G/GRN)	Земля (GND)

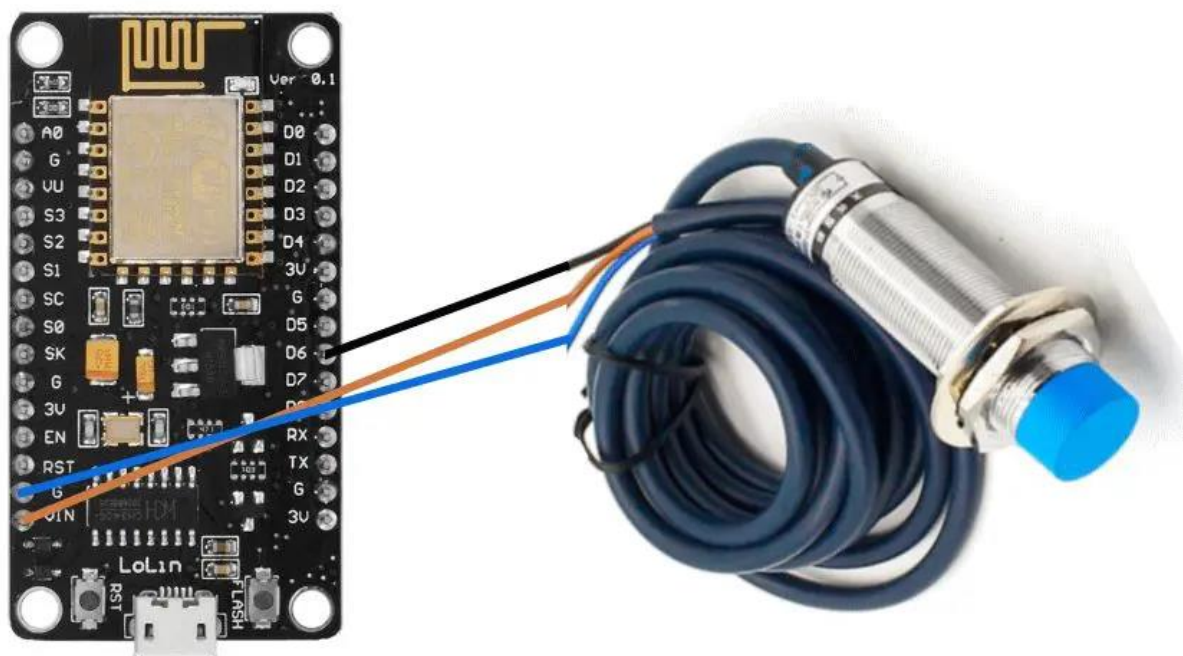


Рисунок 17 Приклад підключення NodeMCU ESP8266 до датчика наближення

4. Розмістіть датчик наближення на вашому лічильнику води

Датчик наближення потрібно розмістити безпосередньо на обертовому колесі, яке містить магніт. Воно має виглядати ось так, хоча місце розташування може змінюватися в залежності від моделі лічильника[18].



Рисунок 18 обертове колесо лічильника

Щоб знайти правильне місце для встановлення, відкрийте кран і дайте воді текти. Малий радар почне обертатися. Помістіть датчик безпосередньо на обертове колесо лічильника. Датчик має червоний світлодіод, який загоряється щоразу, коли магніт проходить повз. Кожного разу, коли магніт проходить і світлодіод загоряється,

це означає, що відбувся один повний цикл. Лічильник також покаже вимірювання повного циклу, в моєму випадку це були літри[25].

Коли ви успішно знайдете місце для датчика, його потрібно закріпити на лічильнику води. Існує кілька способів це зробити. Найпоширеніші рішення — це 3D-друковані тримачі, стрічки або пластикові стяжки (zip ties). Я вибрав великі пластикові стяжки для свого рішення.



Рисунок 19 приклад закріплення датчика наближення до лічильника

Налаштування ESPHome, щоб зробити вимірювання датчика наближення доступними в Home Assistant

Все готово, датчик встановлено, і тепер час відобразити значення вимірювань і надіслати їх до Home Assistant[19].

Відкрийте ESPHome і натисніть EDIT на вашому вузлі. Тепер відкриється редактор конфігурації ESPHome. Додайте наступну конфігурацію в кінці файлу:

```
sensor:  
  - platform: pulse_counter  
    pin: GPIO12
```

update_interval : 6s

name: "water pulse"

id: water_pulse

- platform: pulse_meter

pin: GPIO12

name: "Water Pulse Meter"

unit_of_measurement: "liter/min"

icon: "mdi:water"

total:

name: "Water Total"

unit_of_measurement: "liter"

- platform: pulse_meter

pin: GPIO12

name: "Water Pulse Meter"

unit_of_measurement: "liter/min"

icon: "mdi:water"

total:

name: "Water Meter Total"

unit_of_measurement: "m³"

id: water_meter_total

accuracy_decimals: 3

device_class: water

state_class: total_increasing

filters:

- multiply: 0.001

- platform: template

name: "Water Usage Liter"

```

id: water_flow_rate
accuracy_decimals: 1
unit_of_measurement: "l/min"
icon: "mdi:water"
lambda: return (id(water_pulse).state * 10);
update_interval: 6s

```

7. Додайте датчик води до Energy Dashboard

У Home Assistant перейдіть до Налаштування -> Дашборди і виберіть Energy dashboard.

Знайдіть розділ Water Consumption (Споживання води) і додайте датчик Water Meter Total як джерело даних для води.

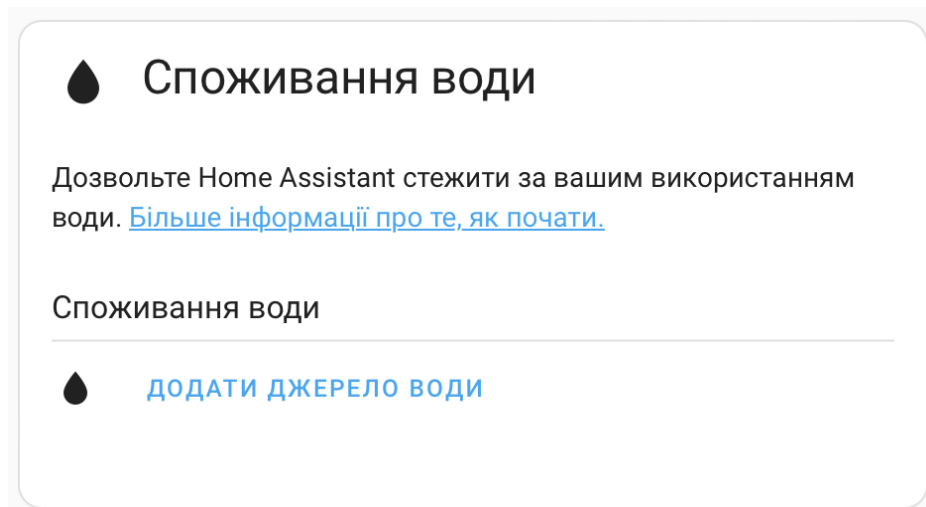


Рисунок 20 споживання води у панелі енергії Home Assistant

Дайте Home Assistant кілька годин, і ваше споживання води з'явиться на енергетичному дашборді!

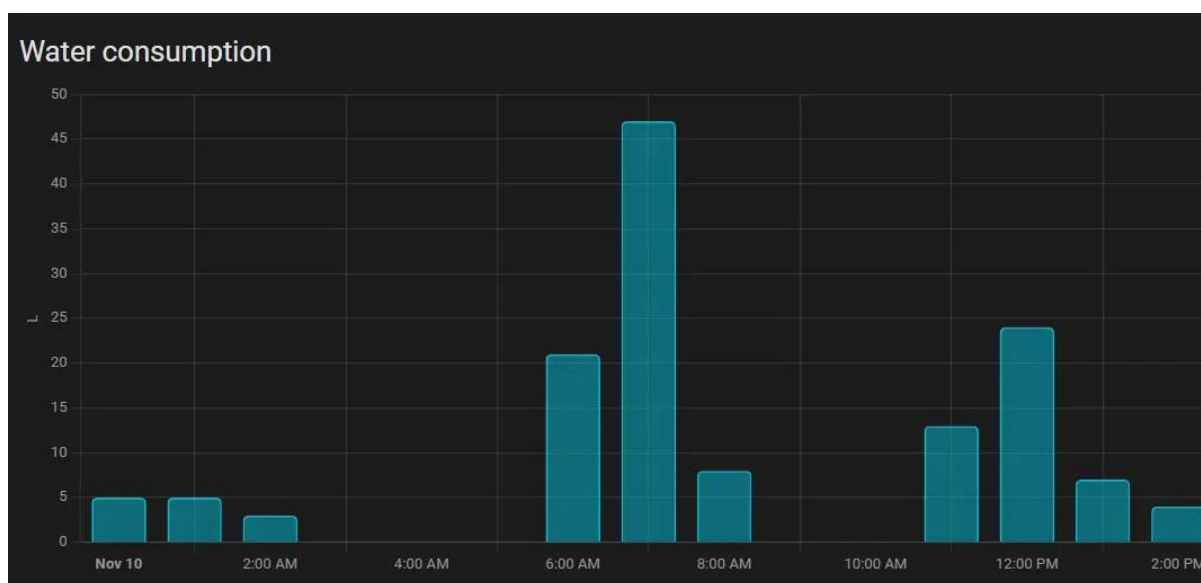


Рисунок 21 графік споживання води Home Assistant

Налаштуйте Home Assistant; додайте датчики та UI компоненти (Lovelace)

Перш ніж ми зможемо показати вимірювання в Home Assistant, потрібно додати датчик комунальних послуг (utility meter) до Home Assistant[24].

Датчик комунальних послуг дозволяє відслідковувати споживання різних комунальних послуг, зокрема води. Датчик працює в циклах, які можна налаштувати (від годинного до річного). Ви надаєте загальне значення споживання, і датчик відслідковує зміну цього значення за обраний період. Він також надає додаткові звіти та аналітику щодо споживання. Більше інформації можна знайти на сторінці **Utility meter** на вебсайті Home Assistant.

Додайте датчик комунальних послуг до конфігурації `configuration.yaml` в Home Assistant:

```
utility_meter:
  util_water_usage_hourly:
    source: sensor.water_total
    cycle: hourly
  util_water_usage_daily:
    source: sensor.water_total
    cycle: daily
  util_water_usage_monthly:
```

```

source: sensor.water_total
cycle: monthly
util_water_usage_yearly:
  source: sensor.water_total
  cycle: yearly

```

Перезапустіть Home Assistant, і тепер датчики стануть доступними, і ви зможете додати їх на дашборд.

Додайте датчики до Lovelace UI в Home Assistant

Для відображення вимірювань на моєму Lovelace дашборді я використовую користувацьку картку mini-graph-card, яку можна легко встановити через HACS. Ось як виглядає конфігурація Lovelace для відображення споживання води[20]:

```

# Hourly water usage
type: custom:mini-graph-card
entities:
  - entity: sensor.util_water_usage_hourly
name: Water usage last 24 hours
group_by: hour
hours_to_show: 24
show:
  graph: bar

```



Рисунок 22 Картка споживання води Home Assistant

```

#           Daily           water           usage
type:                                     custom:mini-graph-card
entities:
-           entity:           sensor.util_water_usage_daily
name:           Water           usage           (day)
hours_to_show:           168
aggregate_func:           max
group_by:           date
show:
graph: bar

```

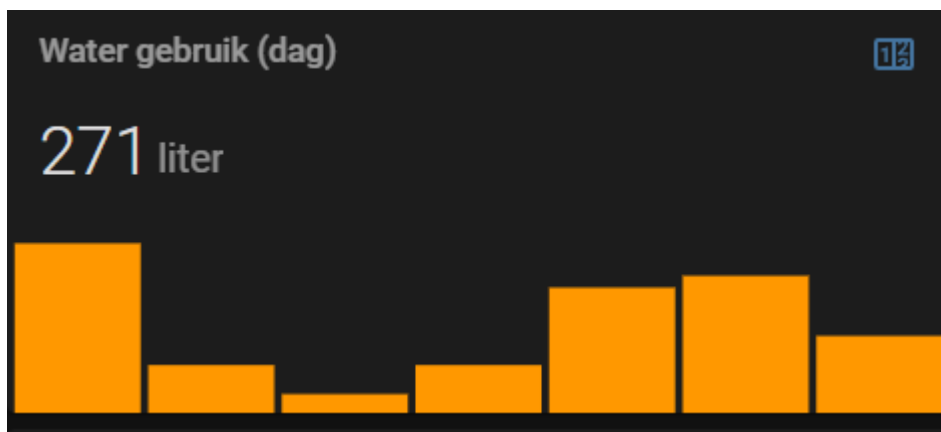


Рисунок 23 Картка споживання води Home Assistant

Я також використовую стандартну картку датчика для відображення поточного споживання води.

```

type: sensor
entity: sensor.water_pulse_meter
graph: line
name: Current water usage

```

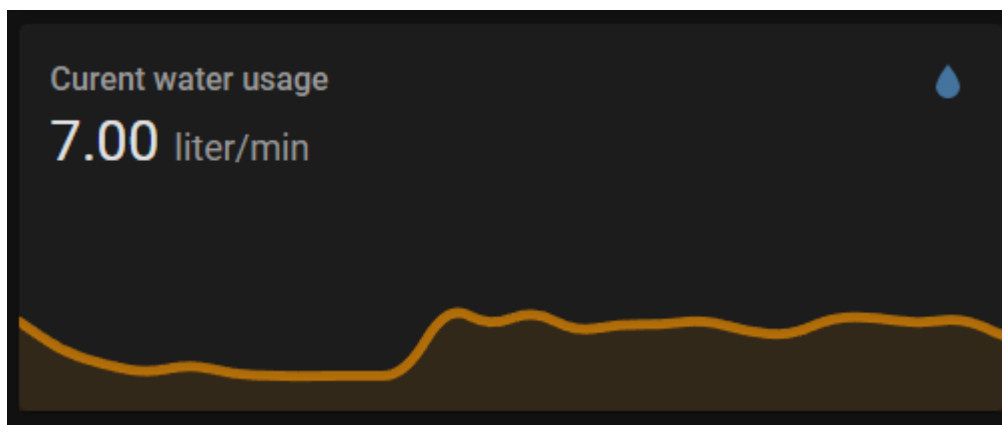


Рисунок 24 Картка споживання води Home Assistant (mini graph card)

Це лише три приклади UI компонентів. Ви можете легко створити свої власні варіанти, використовуючи різні картки Lovelace або конфігурації mini-graph. Також ви можете вибрати, чи хочете ви отримувати звіти за годину, день, місяць чи рік. Всі ці датчики доступні, як ми визначили їх на попередньому кроці (крок 5).

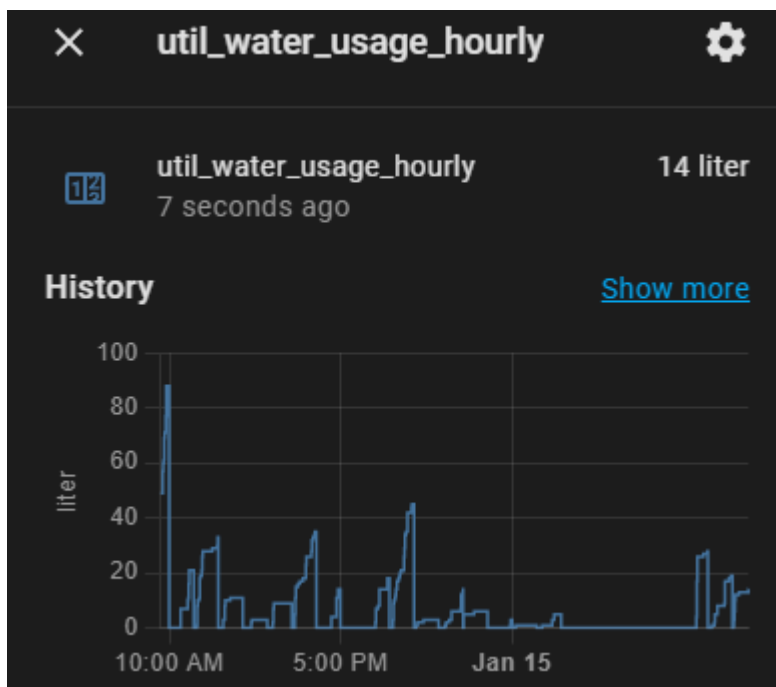


Рисунок 25 Історичний графік Utility Meter у Home Assistant

Корисна особливість використання датчика комунальних послуг — це можливість заглиблюватися в звіти. Якщо ви натискаєте на картку Lovelace, ви побачите історичний графік.

На цій картці ви також можете натискати Show More (Показати більше), що перенесе вас до історичних звітів. В цих звітах ви можете фільтрувати вибрані періоди часу і отримувати більше інсайтів щодо споживання води[21].

Для створення сенсора використовується мікроконтролер ESP32, який виконує роль основного керуючого пристрою та забезпечує зчитування даних з датчика наближення VL53L0X. Датчик підключається через інтерфейс I²C, що дозволяє безконтактно визначати швидкість обертання водоміра. Прошивка ESP32 виконується за допомогою платформи ESPHome, яка забезпечує передачу даних у Home Assistant для подальшого аналізу.

Підключення обладнання передбачає під'єднання датчика наближення до ESP32, який отримує живлення через micro-USB або блок живлення 5В. Далі виконується прошивка ESP32 за допомогою ESPHome. Для цього створюється конфігураційний файл, у якому задається спосіб зчитування даних. Наприклад, базова конфігурація ESPHome може виглядати так:

```
esphome:
  name: water-sensor
  platform: ESP32
  board: esp32dev

i2c:
  sda: 21
  scl: 22
  scan: true

sensor:
  - platform: vl53l0x
    name: "Витрата води"
    update_interval: 1s
```

Після завантаження прошивки на ESP32 сенсор інтегрується з Home Assistant, де налаштовуються автоматизації. Наприклад, можна створити повідомлення про аномальне споживання води або налаштувати графічне відображення історії використання.

3.5 Аналіз безпеки систем моніторингу енергоспоживання в контексті дипломної роботи

В епоху активного впровадження технологій "розумного будинку", де системи моніторингу енергоспоживання стають невід'ємною частиною побуту, питання безпеки набувають першочергового значення. В рамках даного дипломного проекту, присвяченого розробці та впровадженню комплексної системи моніторингу енергоспоживання на базі платформи Home Assistant, аналіз безпеки є критично важливим.

Система, що збирає та обробляє дані про споживання електроенергії, води та газу, акумулює в собі чутливу інформацію про звички користувачів, їхній розпорядок дня, а потенційно – і фінансові дані. Це робить її привабливою мішенню для злоумисників. Несанкціонований доступ до даних може розкрити конфіденційну інформацію, дозволити відстежувати присутність мешканців у будинку або навіть стати основою для шахрайських дій. Кібератаки на розумні лічильники, датчики та інші пристрої IoT можуть призвести до збоїв у роботі не лише окремої системи, а й всієї енергетичної інфраструктури[22].

Вразливості програмного забезпечення, що лежить в основі Home Assistant та інтегрованих пристроїв, також створюють потенційні ризики. Несвоєчасне оновлення прошивок та програмного забезпечення, використання ненадійних пристроїв або недбалість у налаштуванні прав доступу можуть перетворити систему на "діру" для хакерів. Нарешті, не варто недооцінювати загрозу фізичного доступу до приладів обліку та пристроїв моніторингу, що дозволяє злоумисникам маніпулювати даними або виводити систему з ладу.

В рамках дипломної роботи пропонується комплекс заходів безпеки, спрямованих на мінімізацію ризиків. Перш за все, необхідно забезпечити

шифрування даних на всіх етапах їх передачі та зберігання, використовуючи сучасні криптографічні алгоритми. Двофакторна автентифікація та чітке розмежування прав доступу допоможуть запобігти несанкціонованому проникненню в систему. Регулярне оновлення програмного забезпечення та прошивок, використання надійних пристроїв від відомих виробників, а також налаштування брандмауера та VPN створять додатковий рівень захисту.

Крім того, необхідно приділити увагу фізичній безпеці, обмеживши доступ до приладів обліку та обладнавши приміщення системами відеоспостереження. Регулярний аудит безпеки та тестування на проникнення допоможуть виявити та усунути потенційні вразливості на ранніх стадіях[23].

Впровадження цих заходів безпеки забезпечить надійний захист системи моніторингу енергоспоживання, гарантуючи конфіденційність та безпеку даних користувачів. Це є необхідною умовою для успішного впровадження та подальшої експлуатації системи в умовах сучасного "розумного будинку".

ВИСНОВОК

У роботі було розглянуто питання розробки та впровадження комплексної системи моніторингу енергоспоживання в розумному будинку на базі платформи Home Assistant. Аналіз існуючих методів моніторингу, зокрема інвазійних та неінвазійних, показав їхні переваги та недоліки. Детально досліджено функціональні можливості Home Assistant для збору, аналізу та візуалізації даних про споживання ресурсів.

Практична частина роботи включала підбір оптимальних пристроїв та сенсорів для інвазійного та неінвазійного моніторингу електроенергії, а також реалізацію системи моніторингу водоспоживання та газу. Створено інтерактивний дашборд у Home Assistant для візуалізації споживання ресурсів та аналізу витрат.

Розглянуто питання конфігурації тарифних зон та розроблені сценарії автоматизації для оптимізації енергоспоживання. Проведено аналіз безпеки систем моніторингу та запропоновано заходи для мінімізації ризиків.

Дослідження показало, що Home Assistant є ефективною платформою для створення комплексних систем моніторингу енергоспоживання, що дозволяє оптимізувати використання ресурсів, знизити витрати та підвищити енергоефективність. Розроблені рішення можуть бути корисними для власників приватних будинків та квартир, а також для фахівців, що займаються розробкою систем автоматизації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Z. Ling, J. Luo, Y. Xu, C. Gao, K. Wu, and X. Fu, “Security vulnerabilities of internet of things: A case study of the smart plug system,” *IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL*, vol. 4, no. 6, 2017.
- [2] J. Leitão, P. Gil, B. Ribeiro, and A. Cardoso, “A survey on home energy management,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 5699–5722, 2020. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2963502.
- [3] V. Murty and A. Kumar, “Multi-objective energy management in microgrids with hybrid energy sources and battery energy storage systems,” *Protection and Control of Modern Power Systems*, vol. 5, no. 1, pp. 1–20, 2020.
- [4] F. M. Vieira, P. S. Moura, and A. T. de Almeida, “Energy storage system for self-consumption of photovoltaic energy in residential zero energy buildings,” *Renewable Energy*, vol. 103, pp. 308–320, 2017, issn: 0960-1481. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.11.048>. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148116310321>.
- [5] S. Comello and S. Reichelstein, “The emergence of cost effective battery storage,” *Nature Communications*, vol. 10, no. 1, p. 2038, 2019.
- [6] M. Stecca, L. R. Elizondo, T. B. Soeiro, P. Bauer, and P. Palensky, “A comprehensive review of the integration of battery energy storage systems into distribution networks,” *IEEE Open Journal of the Industrial Electronics Society*, vol. 1, pp. 46–65, 2020. doi: 10.1109/OJIES.2020.2981832.
- [7] K. Scott, “Introduction to Electrolysis, Electrolysers and Hydrogen Production,” in *Electrochemical Methods for Hydrogen Production*, The Royal Society of Chemistry, Nov. 2019, isbn: 978-1-78801-378-9. doi: 10.1039/9781788016049-00001. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1039/9781788016049-00001>.
- [8] P. G. S. Dias, T. Brito, L. C. G. Lopes, and J. Lima, “Smart system for monitoring and controlling energy consumption and ambient conditions,” in *VII CIEEMAT 2022 – Congresso Ibero-Americano de Empreendedorismo, Energia, Ambiente e Tec-*

nologia, Instituto Politécnico de Bragança, 2022.

[9] J. Queiroz, J. Barbosa, J. Dias, P. Leitão, and E. Oliveira, “Development of a smart electric motor testbed for internet of things and big data technologies,” in IECON 2017 - 43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 2017, pp. 3435–3440. doi: 10.1109/IECON.2017.8216582.

[10] A. Al-Ali, I. A. Zualkernan, M. Rashid, R. Gupta, and M. Alikarar, “A smart home energy management system using iot and big data analytics approach,” IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. 63, no. 4, pp. 426–434, 2017. doi: 10.1109/TCE.2017.015014.

[11] S. Z. R. Hussain, A. Osman, M. A. Moin, and J. A. Memon, “Iot enabled real-time energy monitoring and control system,” in 2021 9th International Conference on Smart Grid (icSmartGrid), 2021, pp. 97–102. doi: 10.1109/icSmartGrid52357.2021.9551208.

[12] G. C. B. R. Carvalho, Load management in a smart house, <https://hdl.handle.net/10216/119117>, April, 2022.

[13] MULIADI, M. Y. FAHREZI, I. S. ARENI, E. PALANTEI, and A. ACHMAD, “A smart home energy consumption monitoring system integrated with internet connection,” in 2020 IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite (Comnetsat), 2020, pp. 75–80. doi: 10.1109/Comnetsat50391.2020.9328960.

[14] A. Chaudhari, B. Rodrigues, and S. More, “Automated iot based system for home automation and prediction of electricity usage and comparative analysis of various electricity providers: Smartplug,” in 2016 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I), 2016, pp. 390–392. doi: 10.1109/IC3I.2016.7917995.

[15] S. Paul and N. P. Padhy, “Real-time energy management for smart homes,” IEEE Systems Journal, vol. 15, no. 3, pp. 4177–4188, 2021. doi: 10.1109/JSYST.2020.3016358.

[16] J. A. Hernández, C. K. Franco, D. A. Avila, and J. A. Murillo, “Design and implementation of a management system of surplus energy generated by a distributed

- generation system, case study gcpvs,” in 2014 IEEE 40th Photovoltaic Specialist Conference (PVSC), 2014, pp. 2734–2739. doi: 10.1109/PVSC.2014.6925494.
- [17] M. Rastegar, M. Fotuhi-Firuzabad, and H. Zareipour, “Home energy management incorporating operational priority of appliances,” *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 74, pp. 286–292, 2016, issn: 0142-0615. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2015.07.035>. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014206151500321X>.
- [18] M. Shakeri, N. Amin, J. Pasupuleti, et al., “An autonomous home energy management system using dynamic priority strategy in conventional homes,” *Energies*, vol. 13, no. 13, 2020, issn: 1996-1073. doi: 10.3390/en13133312. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/13/3312>.
- [19] S. Zhai, Z. Wang, X. Yan, and G. He, “Appliance flexibility analysis considering user behavior in home energy management system using smart plugs,” *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 66, no. 2, pp. 1391–1401, 2019. doi: 10.1109/TIE.2018.2815949.
- [20] M. R. Sunny, M. A. Kabir, I. T. Naheen, and M. T. Ahad, “Residential energy management: A machine learning perspective,” in 2020 IEEE Green Technologies Conference (GreenTech), 2020, pp. 229–234. doi: 10.1109/GreenTech46478.2020.9289737.
- [21] R. G. Rajasekaran, S. Manikandaraj, and R. Kamaleshwar, “Implementation of machine learning algorithm for predicting user behavior and smart energy management,” in 2017 International Conference on Data Management, Analytics and Innovation (ICDMAI), 2017, pp. 24–30. doi: 10.1109/ICDMAI.2017.8073480.
- [22] M. R. A. Refaai, S. N. R. Vonteddu, P. K. Nunna, P. S. Kumar, C. Anbu, and M. Markos, “Energy management prediction in hybrid pv-battery systems using deep learning architecture,” *International Journal of Photoenergy*, vol. 2022, pp. 1–7, 2022. doi: <https://doi.org/10.1155/2022/6844853>.
- [23] S. Asadi, S. S. Amiri, and M. Mottahedi, “On the development of multi-linear regression analysis to assess energy consumption in the early stages of building design,” *Energy and Buildings*, vol. 85, pp. 246–255, 2014, issn: 0378-7788. doi:

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.07.096>. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778814007154>.

[24] A. Maier, A. Sharp, and Y. Vagapov, “Comparative analysis and practical implementation of the esp32 microcontroller module for the internet of things,” in 2017 Internet Technologies and Applications (ITA), 2017, pp. 143–148. doi: 10.1109/ITECHA.2017.8101926.

[25] E. Systems, https://espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf, November, 2022.

[26] U. Pujari, D. Patil, D. Bahadure, M. Asnodkar, et al., “Internet of things based integrated smart home automation system,” in 2nd International Conference on Communication & Information Processing (ICCIP), 2020.

[27] A. Cornel - Cristian, T. Gabriel, M. Arhip-Calin, and A. Zamfirescu, “Smart home automation with mqtt,” in 2019 54th International Universities Power Engineering Conference (UPEC), 2019, pp. 1–5. doi: 10.1109/UPEC.2019.8893617.

[28] J. C. Hastings and D. M. Lavery, “Modernizing wide-area grid communications for distributed energy resource applications using mqtt publish-subscribe protocol,” in 2017 IEEE Power & Energy Society General Meeting, 2017, pp. 1–5. doi: 10.1109/PESGM.2017.8274486.

[29] K. Ferencz and J. Domokos, “Using node-red platform in an industrial environment,” Feb. 2020.

[30] P. Macheso, T. D. Manda, S. Chisale, N. Dzupire, J. Mlatho, and D. Mukanyiligira, “Design of esp8266 smart home using mqtt and node-red,” in 2021 International Conference on Artificial Intelligence and Smart Systems (ICAIS), 2021, pp. 502–505. doi: 10.1109/ICAIS50930.2021.9396027.

[31] S. N. Z. Naqvi, S. Yfantidou, and E. Zimányi, “Time series databases and influxdb,” *Studienarbeit, Université Libre de Bruxelles*, vol. 12, 2017.

[32] I. Petre, R. Boncea, C. Z. Radulescu, A. Zamfiroiu, and I. Sandu, “A time-series database analysis based on a multi-attribute maturity model,” *Studies in Informatics and Control*, vol. 28, no. 2, pp. 177–188, 2019.

ДЕРЖАВНИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНО –
КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО – НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Система моніторингу та зниження енергоспоживання "розумного
будинку" на базі Home Assistant»



Виконав:
Студент групи ІСД-43
Дячук Андрій Максимович

Керівник:
д.т.н, професор, Нестеренко
Катерина Сергіївна

Вступ

Зростання тарифів на енергоресурси, зростаюча потреба у сталому використанні ресурсів та широке впровадження технологій розумного будинку вимагають розробки інтегрованих систем моніторингу та автоматизації, які дозволяють не тільки знижувати витрати, а й забезпечувати ефективне управління енергоспоживанням, підвищуючи комфорт і безпеку житла.

Зокрема, в рамках цієї роботи було створено комплексну систему, яка об'єднує функції моніторингу та автоматизації для досягнення оптимальної енергоефективності.



Актуальність

З 2020 року тарифи на електроенергію, газ і воду зросли більш ніж на 30%, що змушує споживачів шукати ефективні рішення для економії ресурсів, у 2025 році розумні технології стали стандартом для більшості нових будівель, тому платформа (Home Assistant) є відкритим рішенням, що дозволяє інтегрувати різноманітні сенсори та автоматизації.



Мета та завдання дослідження

Мета: Побудова інтегрованої системи, яка допомагає знизити витрати на ресурси.

Завдання:

1. Визначення сучасних методів моніторингу
2. Розробка автоматизації.
3. Оптимізація енергоспоживання.
4. Впровадження сучасних та базових мір безпеки



Об'єкт і предмет дослідження

Об'єкт: Розумний будинок, оснащений інтегрованою системою моніторингу та автоматизації енергоспоживання.

Предмет: Технології, що забезпечують інтелектуальний контроль і оптимізацію використання ресурсів.

Деталі:

- Моніторинг енергоспоживання електрики, води, газу.
- Використання автоматизації для зменшення витрат.
- Інтеграція з альтернативними джерелами енергії.



Використані технології

- Home Assistant: Гнучка платформа для моніторингу та автоматизації.
- Інтеграції: MQTT, Zigbee, Z-Wave, ESPHome.
- Пристрої: Сенсори, розумні реле, оптичні датчики, інвертори.



Моніторинг енергоспоживання

Підходи:

Інвазивний: розумні реле, автомати, лічильники.

Неінвазивний: СТ-кліщі, оптичні сенсори.

Приклади пристроїв:

- SCT-013 для вимірювання струму.
- Розумні лічильники Shelly EM для моніторингу енергії.
- Оптичні сенсори для зчитування імпульсів зі старих лічильників.

Реалізація: Інтеграція даних у Home Assistant для створення звітів та аналітики.



Практична реалізація

Складові системи:

- Розумні розетки для моніторингу окремих пристроїв.
- Оптичні сенсори для моніторингу старих лічильників.
- Камери з OCR для зчитування даних з дисплеїв.

Функціонал:

- Автоматичне перемикання навантаження залежно від тарифних зон.
- Визначення неефективних пристроїв.
- Генерація сповіщень про аномальне споживання ресурсів.

Приклади сценаріїв:

- Відключення обігрівачів у непотрібний час.
- Автоматичне включення пристроїв у годині знижених тарифів.

Автоматизація та аналітика

Дашборди:

- Інтерактивні графіки для аналізу споживання в реальному часі.
- Порівняння споживання між різними періодами.

Сценарії автоматизації:

- Відключення пристроїв у пікові години.
- Оптимізація роботи системи опалення залежно від температури.

Інтеграція:

- Візуалізація з Home Assistant Energy Panel.
- Відображення даних на мобільних пристроях для швидкого доступу.
- Інтеграція з тарифними зонами для максимізації економії.

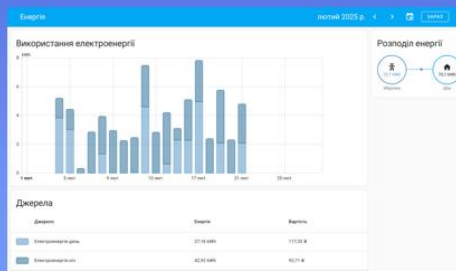
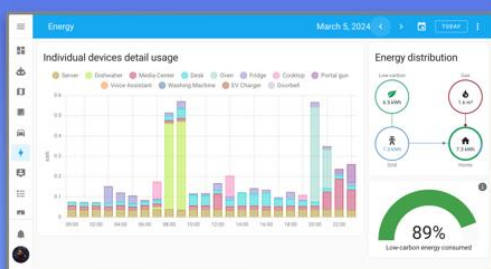


Результати впровадження

Ефективність:

- 1. Зниження витрат на комунальні послуги.
- 2. Підвищення енергоефективності.
- 3. Поліпшення зручності керування.

Додаткові вигоди: Інтеграція з альтернативними джерелами енергії (сонячні панелі).



Безпека системи

Для забезпечення конфіденційності та захисту даних у системі впроваджено багаторівневий підхід: використання надійного шифрування для передачі даних, двофакторної автентифікації для доступу, регулярних оновлень програмного забезпечення, а також сегментація мережі для захисту пристроїв від зовнішніх загроз.



Висновки

Впровадження системи Home Assistant забезпечує ефективне управління енергоспоживанням, інтегрує новітні технології моніторингу та автоматизації, дозволяючи користувачам економити ресурси, підвищувати комфорт житла і сприяти сталому розвитку; результати дослідження демонструють, що система забезпечує зниження витрат на енергію до 25%, детальне розуміння споживання та можливість швидкого впровадження змін для покращення енергоефективності.



Апробація результатів дослідження

VI Міжнародна науково-практична конференція для студентів, аспірантів, докторантів, молодих учених, присвяченій Дню науки, «Наука та освіта в дослідженнях молодих учених». Теза на тему «Сучасні підходи до енергомоніторингу в розумних будинках», «Моніторинг електроенергії за допомогою датчиків та камер» було опубліковано у збірнику, присвяченому цій конференції.



Дякую за увагу!

