

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

Приладобудівний факультет

Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Юрій КИРИЧУК

«__» _____ 20__ р.

Дипломна робота

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»

спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

на тему: «Системи обліку енергоресурсів в житловому будинку»

Виконав:

студент IV курсу, групи ПМ-01

Ковальов Євген Ігорович _____

Керівник:

доц. каф. АСНК, к.т.н., доц.

Гришанова Ірина Аркадіївна _____

Рецензент:

доцент, к.т.н.

Самарцев Юрій Миколайович _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2024 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Приладобудівний факультет
Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

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

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Юрій КИРИЧУК

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студенту

Ковальова Євгена Ігоровича

1. Тема проєкту «Системи обліку енергоресурсів в житловому будинку», керівник проєкту к.т.н, доц., Гришанова Ірина Аркадіївна, затверджені наказом по університету від «28» травня 2024 р. №2121

2. Термін подання студентом проєкту 13.06.2024 _____

3. Вихідні дані до проєкту :

Електролічильник напруга: 220V, струм: 10A, потужність: 2.2 кВт·год

Лічильник води коефіцієнт 0.001 м³/імпульс, імпульси: 500 імпульсів/місяць

Лічильники газу коефіцієнт: 0.01 м³/імпульс, Імпульси: 100 імпульсів/місяць

Теплолічильники об'єм теплоносія: 10 м³, температура на вході: 70°C, температура на виході: 50°C _____

4. Зміст пояснювальної записки: Зміст; Огляд існуючих об'єктів; Огляд схеми; Розробка схеми; Опис та обґрунтування системи _____

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): Структурна схема; Блок схема; _____

7. Дата видачі завдання: 28.04.2024 _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
	Ознайомлення з темою	28.04.2024	
	Визначення структури роботи	29.04.2024-7.05.2024	
	Провести аналіз існуючих систем обліку	6.05.2024-13.05.2024	
	Огляд матеріалу для розробки схеми	15.05.2024-25.05.2024	
	Робота над першим розділом	25.05.2024-09.06.2024	
	Розробка алгоритму	10.06.2024-12.06.2024	
	Оформлення дипломної роботи	13.06.2024	

Студент

Євген КОВАЛЬОВ

Керівник

Ірина ГРИШАНОВА

АНОТАЦІЯ

Головна мета роботи — оптимізація споживання енергоресурсів, що сприяє зниженню витрат і покращенню енергетичної ефективності.

Ця робота представляє аналіз сучасних систем обліку енергоресурсів в житлових будинках. Вивчення існуючих рішень дозволяє ідентифікувати ключові технології та методики, які застосовуються для моніторингу та управління споживанням енергії, води та тепла, виявляючи їхні сильні та слабкі сторони.

На основі проведеного аналізу було розроблено нову систему обліку енергоресурсів, спрямовану на поліпшення ефективності та точності даних. Система включає датчики та інтелектуальні алгоритми для автоматичного збору даних і аналізу споживання, що дозволяє користувачам краще управляти своїми ресурсами.

Ключові слова: система обліку, енергоресурси, моніторинг, алгоритм.

ABSTRACT

The main goal of the project is to optimize the consumption of energy resources, which helps to reduce costs and improve energy efficiency.

This work presents an analysis of modern energy accounting systems in residential buildings. Examining existing solutions allows identifying key technologies and techniques used to monitor and manage energy, water and heat consumption, revealing their strengths and weaknesses.

Based on the analysis, a new system of accounting for energy resources was developed, aimed at improving the efficiency and accuracy of data. The system includes sensors and intelligent algorithms for automatic data collection and consumption analysis, which allows users to better manage their resources.

Keywords: accounting system, energy resources, monitoring, algorithm.

ЗМІСТ

ЗМІСТ	6
СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП	8
1. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ОБ'ЄКТІВ	9
1.1 Аналіз.....	9
1.2 Порівняння	11
1.3 Визначення основних вимог	12
2. ОГЛЯД МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ РОЗРОБКИ СХЕМИ	14
2.1 Основний принцип роботи	14
2.2 Популярні комунікаційні модулі	14
2.3 Огляд контролерів для системи обліку енергоресурсів	17
2.4 Принцип роботи лічильників	18
2.5 Модулі розрахунків в системі	19
2.6 Інтерфейс користувача.....	23
2.7 Використання нейронних мереж	23
2.7.1 Рекурентні нейронні мережі.....	24
2.7.2 Згорткові нейронні мережі	25
3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ТА БЛОК-СХЕМИ АЛГОРИТМУ СИСТЕМИ	27
3.1 Розробка структурної схеми.....	27
3.2 Розробка блок-схеми алгоритму	28
4. ОПИС І ОБГРУНТУВАННЯ СКЛАДОВИХ СИСТЕМИ .	31
4.1 Лічильник електроенергії	32
4.2 Підключення до ордуїно.....	34
4.3 Обробка інформації та розрахунок.....	35
4.4 Інтерфейс користувача.....	37
Джерела	40

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

FFNN Feedforward Neural Network (Нейронна мережа прямого зв'язку)

WEP Wired Equivalent Privacy (Конфіденційність, еквівалентна дротовій мережі)

WPA Wi-Fi Protected Access (пароль для підключення до Wi-Fi)

AES Advanced Encryption Standard (Розширений стандарт шифрування)

BLE Bluetooth Low Energy (Bluetooth з низьким енергоспоживанням)

SQL Structured Query Language (Мова Структурованих Запитів)

CNN convolutional neural networks (Згорткові нейронні мережі)

ANN Artificial neural networks (Штучні нейронні мережі)

SAE Simultaneous Authentication of Equals (Simultaneous Authentication of Equals)

FFNN Feedforward Neural Network (Згорткові нейронні мережі)

ВСТУП

У сучасному світі, де споживання енергії стрімко зростає, питання збереження енергоресурсів стає дедалі актуальнішим. Збільшення населення, індустріалізація та розвиток технологій призводять до зростання попиту на енергію, що, у свою чергу, виснажує природні ресурси і має негативний вплив на довкілля. Тому ефективне використання та збереження енергоресурсів є ключовими аспектами сталого розвитку.

У зв'язку з цим, я працюю над розробкою, яка спрямована на збереження енергоресурсів. Моя розробка включає впровадження інноваційних технологій та рішень, що дозволяють зменшити споживання енергії у різних сферах, від промисловості до побуту.

Збереження енергоресурсів має кілька важливих аспектів:

Економічна вигода, зменшення витрат на енергію допомагає підприємствам та домогосподарствам економити кошти, що може бути спрямоване на інші важливі потреби.

Якщо дивитися з точки зору екологічного аспекту то менше споживання енергії означає менше викидів парникових газів, що сприяє боротьбі зі зміною клімату та збереженню навколишнього середовища.

Соціальна аспект несе за собою ефективне використання енергії сприяє поліпшенню якості життя, створенню нових робочих місць у сфері відновлюваної енергетики та підвищенню загального рівня добробуту.

Мета моєї роботи полягає у створенні розробки, яка буде вести облік енергоресурсів у житловому будинку.

1.ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ОБ'ЄКТІВ

1.1 Аналіз

1. Основні особливості системи Schneider Electric Wiser Energy

Schneider Electric Wiser Energy використовується для ефективного моніторингу та управління споживанням електроенергії у житлових та комерційних будівлях. Вона забезпечує точний моніторинг споживання електроенергії в реальному часі, що дозволяє користувачам відстежувати споживання енергії різними пристроями та системами в будівлі. Система здійснює аналіз зібраних даних для виявлення неефективного використання енергії та надає рекомендації щодо оптимізації споживання, що допомагає знизити витрати на електроенергію. Вона також допомагає виявляти прилади та системи, які споживають більше енергії, ніж очікувалося, сприяючи впровадженню енергоефективних практик та технологій для зниження загального споживання енергії. Завдяки дистанційному контролю та управлінню, система забезпечує доступ до даних та керування через мобільні додатки та веб-інтерфейси, що дозволяє користувачам легко керувати споживанням енергії незалежно від їхнього місцезнаходження.

Опис: Ця система дозволяє моніторити споживання енергії в реальному часі, надаючи детальні звіти та аналіз споживання.

Особливості: Підключення до хмарного сервісу, підтримка мобільних додатків, інтеграція з іншими розумними пристроями.

Переваги: Легкість встановлення, висока точність, зручний інтерфейс користувача.

2. Основні особливості системи Siemens Sentron

Siemens Sentron – це інноваційна система обліку енергоресурсів, яка забезпечує точний моніторинг та ефективне управління споживанням електроенергії у житлових та комерційних будівлях. Завдяки підтримці різних протоколів зв'язку, система легко інтегрується з існуючими системами автоматизації будівель. Siemens Sentron відрізняється високою точністю

вимірювань та надає детальні звіти й аналітичні дані для оптимізації енергоспоживання.

Опис: Система, розроблена для моніторингу та управління електроспоживанням у великих та малих будинках.

Особливості: Підтримка стандартів зв'язку, таких як Modbus, інтеграція з системами автоматизації будівель.

Переваги: Надійність, масштабованість, широкий функціонал для аналізу даних.

3. Основні особливості системи Honeywell E-Mon D-Mon 5

Honeywell E-Mon D-Mon – це інноваційна система обліку енергоресурсів, розроблена для точного вимірювання та моніторингу споживання електроенергії у житлових та комерційних будівлях. Вона дозволяє користувачам дистанційно зчитувати дані та отримувати доступ до інформації в реальному часі. Система підтримує різні типи лічильників і може інтегруватися з системами управління будівлями, що робить її універсальною та зручною у використанні.

Опис: Система для вимірювання та моніторингу електроенергії, що підходить для комерційних та житлових будівель.

Особливості: Дистанційне зчитування, підтримка різних типів лічильників, зручний інтерфейс.

Переваги: Висока точність, можливість інтеграції з системами управління будівлями.

4. Основні особливості системи ABB EQmatic 4

ABB EQmatic – це передова система управління енергоспоживанням, яка забезпечує ефективний моніторинг та аналіз використання енергоресурсів як у житлових, так і в комерційних будівлях. Система надає зручний спосіб збору даних з різних типів лічильників, а також обробляє ці дані для створення детальних звітів та проведення аналітичних досліджень.

Опис: Інтелектуальна система управління енергоспоживанням, що пропонує рішення для моніторингу та аналізу даних.

Особливості: Інтеграція з хмарними сервісами, підтримка різних протоколів зв'язку, аналітичні інструменти.

Переваги: Простота в налаштуванні, зручний веб-інтерфейс, гнучкість у використанні.

Ці системи є лідерами на ринку завдяки своїй надійності, точності та можливостям інтеграції з іншими системами управління будівлями. Вибір конкретної системи залежить від потреб та бюджету користувача, а також від специфічних вимог до обліку енергоресурсів у конкретному житловому будинку.

1.2 Порівняння

Критерій	Schneider Electric Wiser Energy	Siemens Sentron	Honeywell E-Mon D-Mon	ABB EQmatic
Переваги	Точний моніторинг в реальному часі, інтеграція з іншими системами, дистанційне керування	Висока точність вимірювань, підтримка різних протоколів зв'язку, детальні звіти та аналітика	Висока точність, дистанційне зчитування, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс	Інтеграція з хмарними сервісами, аналітика та візуалізація, простота налаштування
Недоліки	Висока вартість, потреба в стабільному інтернет-з'єднанні	Складність інтеграції, висока вартість обслуговування	Висока вартість, потреба в регулярному обслуговуванні	Висока початкова вартість, залежність від технічної підтримки
Застосування	Житлові та комерційні будівлі	Житлові, комерційні будівлі, промислові об'єкти	Житлові та комерційні будівлі	Житлові та комерційні будівлі, промислові об'єкти
Доступність	Легко доступна через офіційних дистриб'юторів	Широко доступна через мережу постачальників	Доступна через офіційних постачальників	Легко доступна через офіційних постачальників

Цінова категорія	Висока	Висока	Середня до високої	Висока
Розповсюдженість для користувачів	Розповсюджена для малих та середніх користувачів	Підходить для великих користувачів	Розповсюджена для малих та середніх користувачів	Підходить для великих користувачів

Висновок порівняння систем обліку енергоресурсів

Порівняння чотирьох систем обліку енергоресурсів – Schneider Electric Wiser Energy, Siemens Sentron, Honeywell E-Mon D-Mon, та ABB EQmatic – показує, що кожна з них має свої унікальні переваги та недоліки, які визначають їх оптимальне застосування.

Schneider Electric та Wiser Energy виділяється точним моніторингом в реальному часі та зручною інтеграцією з іншими системами, що робить її ідеальною для житлових та комерційних будівель. Однак, вона має високу вартість і потребує стабільного інтернет-з'єднання.

Siemens Sentron відзначається високою точністю вимірювань і підтримкою різних протоколів зв'язку, що підходить для промислових об'єктів. Недоліками є складність інтеграції та висока вартість обслуговування.

Honeywell E-Mon D-Mon пропонує високу точність і дистанційне зчитування даних з інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом, що підходить для житлових та комерційних будівель. Проте, вартість і потреба в регулярному обслуговуванні можуть бути перешкодою.

ABB EQmatic забезпечує інтеграцію з хмарними сервісами та простоту налаштування, що підходить як для житлових, так і для промислових будівель. Основні недоліки включають високу початкову вартість і залежність від технічної підтримки.

1.3 Визначення основних вимог

На основі аналізу чотирьох систем обліку енергоресурсів – Schneider Electric Wiser Energy, Siemens Sentron, Honeywell E-Mon D-Mon та ABB EQmatic – можна визначити основні вимоги, які повинна мати нова система обліку енергоресурсів. Ці вимоги включають унікальні переваги кожної з існуючих систем та мінімізують їхні недоліки.

Система повинна забезпечувати високу точність вимірювань та можливість моніторингу споживання енергоресурсів у реальному часі. Точність та моніторинг у реальному часі, дозволяють оперативно виявляти відхилення і реагувати на них.

Інтеграція з іншими системами автоматизації будівель та промислових об'єктів є критичною, зручна інтеграція підвищує ефективність управління енергоресурсами.

Система повинна підтримувати різні протоколи зв'язку для забезпечення гнучкості у виборі комунікаційних засобів. Підтримка різних протоколів, забезпечує сумісність з широким спектром обладнання та мереж.

Дистанційне зчитування даних та доступ до них через інтуїтивно зрозумілий інтерфейс є важливою вимогою, дистанційне зчитування та зручний інтерфейс полегшують моніторинг і управління енергоресурсами.

Інтеграція з хмарними сервісами для зберігання, аналізу даних та доступу до них з будь-якого місця є необхідною. Інтеграція з хмарними сервісами, покращує мобільність і аналітичні можливості системи.

Система повинна бути легкою у налаштуванні та обслуговуванні, з мінімальною потребою у технічній підтримці. Простота налаштування та обслуговування, знижує витрати на експлуатацію і підвищує зручність використання.

Також вона має бути стійкою до перебоїв в інтернет-з'єднанні та забезпечувати безперебійну роботу. Стабільне з'єднання, важливе для надійної передачі даних та моніторингу.

Важливо також забезпечити економічну ефективність системи, з урахуванням початкових витрат та витрат на обслуговування. Висока вартість та обслуговування, як у деяких існуючих систем, можуть бути перешкодою для впровадження, тому важливо забезпечити конкурентну вартість.

2. ОГЛЯД МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ РОЗРОБКИ СХЕМИ

2.1 Основний принцип роботи

Комунікаційні модулі передають зібрані дані до центрального контролера.

Центральний контролер в свою чергу приймає дані від комунікаційних модулів і зберігає їх.

Центральний контролер обробляє отримані дані з лічильників.

Модуль розрахунків виконує аналіз і розрахунки на основі отриманих даних.

Інтерфейс користувача має відображати результати розрахунків.

2.2 Популярні комунікаційні модулі

Wi-Fi використовує кілька стандартів шифрування для забезпечення безпеки передачі даних. WEP (Wired Equivalent Privacy) є застарілим і вразливим до атак, тому його більше не рекомендують використовувати. WPA (Wi-Fi Protected Access) був введений для покращення безпеки, але також має деякі вразливості. WPA2 використовує AES (Advanced Encryption Standard) шифрування, яке є значно більш надійним і широко використовується сьогодні. WPA3 є покращеною версією WPA2 з додатковими функціями безпеки, такими як SAE (Simultaneous Authentication of Equals), що забезпечує ще вищий рівень захисту. Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax) обіцяє забезпечити швидкість передачі даних до 9.6 Гбіт/с, але головний акцент робиться на ефективності роботи в умовах високої щільності мережі та низькому енергоспоживанні.

Zigbee використовує AES-128 для шифрування даних. Це 128-бітове шифрування забезпечує високий рівень захисту, що є достатнім для більшості застосувань у мережах Zigbee, таких як розумні будинки та промислові IoT додатки. AES-128 вважається надійним і ефективним з точки зору продуктивності та енергоспоживання. Мережевий рівень ZigBee підтримує типи архітектури: зірка, дерево та комірчасту архітектуру, представлені на рис. 2.

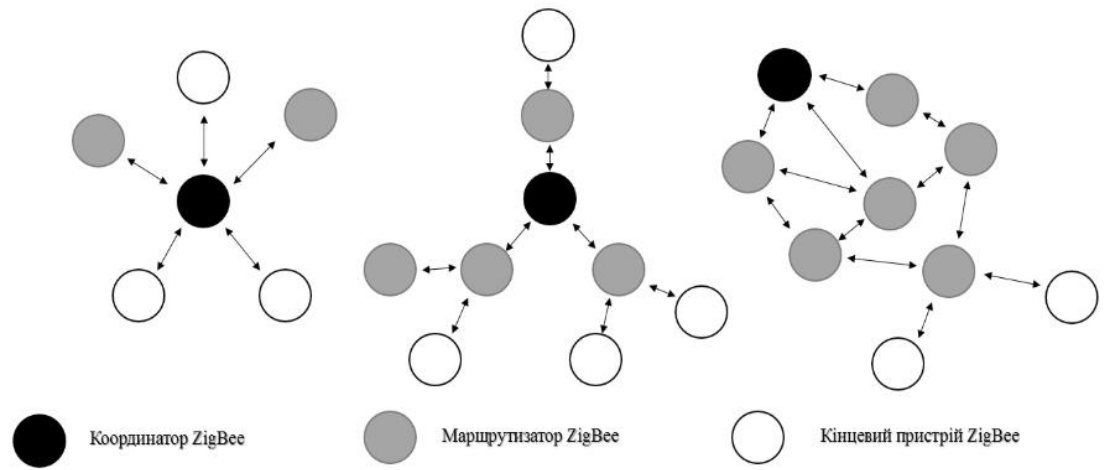


Рисунок 2.1 архітектура ZigBee

ZigBee мережі є мережами, що самоорганізуються, тобто після включення координатора та вибору первинних налаштувань всі інші пристрої можуть підключатися самостійно.

LoRaWAN також використовує AES-128 для шифрування даних під час передачі. Це дозволяє забезпечити конфіденційність і цілісність даних, що передаються через довгі відстані. LoRaWAN використовує два рівні шифрування: мережевий і додаток, що додатково підвищує безпеку системи. Енергетичну ефективність протоколу LoWPAN можливо порівняти з протоколом ZigBee лише при передачі інформації в межах сенсорної мережі, при використанні стискування. При передачі в зовнішні мережі використання повної IPv6 адресації приводить до менш енергоефективного режиму роботи. LoRaWAN мережі можуть охоплювати до 15-30 км у сільських районах та до 5 км у міських умовах. Кінцеві пристрої можуть працювати від батарейок протягом багатьох років завдяки низькому енергоспоживанню.

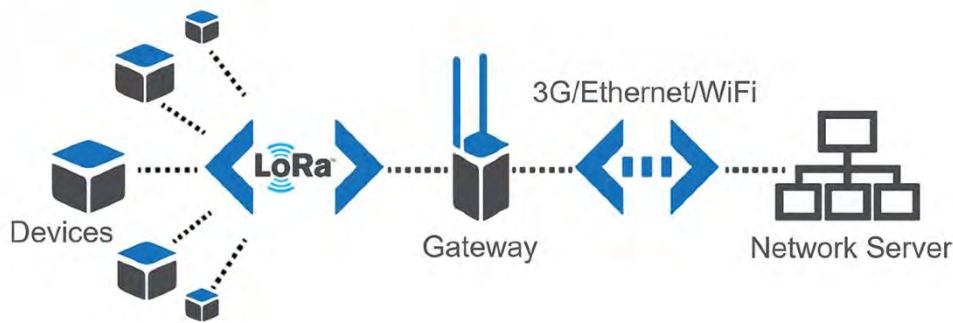


Рис. 2.2 Архітектура технології LoRaWAN

NB-IoT схожий на LTE-M; він просто працює в меншому діапазоні пропускної здатності. Він заснований на стандартах 5G, що означає, що він може допомогти в майбутньому захищати певні програми. NB-IoT має переваги в певних програмах, оскільки він має більший радіус дії та менше енергоспоживання, ніж LTE-M. Він масштабований, безпечний і доступний, що робить його ідеальним для внутрішніх додатків IoT з тисячами пристроїв. NB-IoT, як правило, має термін служби батареї більше 10 років, найбільшою слабкістю NB-IoT є його швидкість, яка нижче 100 Кбіт/с. NB-IoT використовує кілька методів шифрування для забезпечення безпеки. Одним з основних є EPS Encryption, який включає в себе шифрування стандарту LTE, такі як 128-EEA2 (AES). Крім того, IPsec (Internet Protocol Security) може бути використаний для захисту даних на рівні мережі. Ці методи забезпечують високий рівень захисту даних, що передаються через мобільні мережі.

Bluetooth Low Energy (BLE) специфікації ядра бездротової технології Bluetooth, найбільш істотною перевагою якої є надмале пікове енергоспоживання, середнє енергоспоживання та енергоспоживання в режимі простою. Пристрої, що використовують Bluetooth з низьким енергоспоживанням, будуть споживати менше енергії, ніж інші пристрої Bluetooth попередніх поколінь. У багатьох випадках пристрої можуть функціонувати більше року на одній мініатюрній батарейці типу таблетка без

необхідності підзарядки. Це дозволяє створювати невеликі датчики, які можуть безперервно працювати та спілкуватися з іншими пристроями, такими як телефони або ПК. Для шифрування даних використовується AES-CCM (Counter with CBC-MAC). Це 128-бітове шифрування AES забезпечує конфіденційність та цілісність даних. Технологія BLE є енергоефективною, що робить її ідеальною для пристроїв з коротким радіусом дії та живленням від батарейок.

2.3 Огляд контролерів для системи обліку енергоресурсів

Для створення ефективної системи обліку енергоресурсів у житловому будинку можна використовувати різні типи центральних контролерів. Вибір контролера залежить від вимог до функціональності, масштабованості, інтеграції з іншими системами та бюджету.

Розумні концентратори, такі як Samsung SmartThings, Hubitat Elevation та Wink Hub 2, можуть об'єднувати різні IoT пристрої та сенсори, включаючи лічильники електроенергії, води, газу та тепла. Вони забезпечують централізоване управління та моніторинг, а також інтеграцію з іншими розумними пристроями та системами автоматизації будинку.

Промислові контролери, наприклад, Siemens SIMATIC, Allen-Bradley ControlLogix і Schneider Electric Modicon, використовуються для більш складних та надійних систем, де потрібна висока точність та надійність. Вони можуть інтегруватися з різними типами сенсорів та виконавчих механізмів, а також підтримують різні протоколи зв'язку.

Одноплатні комп'ютери, такі як Raspberry Pi, Arduino і BeagleBone, є недорогими та гнучкими рішеннями для побудови центрального контролера. Вони підтримують підключення різних сенсорів та модулів, можуть працювати з хмарними сервісами та забезпечувати базову обробку та зберігання даних.

Спеціалізовані контролери енергоменеджменту, наприклад, Schneider Electric EcoStruxure, Siemens Desigo CC та ABB Ability, спеціально розроблені для управління енергоресурсами. Вони забезпечують розширені можливості моніторингу, аналітики та оптимізації споживання енергії, а також інтеграцію з іншими системами управління будівлею.

Центральний контролер повинен мати певні характеристики. Він має підтримувати різні протоколи зв'язку, такі як Wi-Fi, Zigbee, LoRaWAN, NB-IoT, Ethernet та інші, для забезпечення сумісності з різними лічильниками та сенсорами. Контролер повинен мати достатню обчислювальну потужність для обробки даних у реальному часі, а також можливість зберігання даних локально або в хмарі. Підтримка інтеграції з хмарними платформами для зберігання, аналізу та відображення даних є важливою вимогою. Контролер повинен бути легким у налаштуванні та обслуговуванні, з мінімальними вимогами до технічної підтримки. Крім того, контролер повинен мати можливість розширення функціональності шляхом підключення додаткових модулів та сенсорів.

2.4 Принцип роботи лічильників

Лічильники збирають дані про споживання. Лічильники для електроенергії, води, газу та тепла використовуються для моніторингу споживання цих ресурсів у житлових будинках. Ось як кожен з цих лічильників збирає дані.

Електролічильник: Датчики струму і напруги вимірюють параметри електричного потоку, мікроконтролер обчислює потужність і накопичує споживання електроенергії (в кіловат-годинах, кВт·год), дані зберігаються у внутрішній пам'яті лічильника.

Лічильник води: Датчик потоку вимірює об'єм води, що протікає через трубу, використовуючи механічні або електронні методи, мікроконтролер обчислює загальний об'єм спожитої води, дані зберігаються у внутрішній пам'яті лічильника.

Лічильник газу: Датчик потоку газу вимірює об'єм газу, що проходить через лічильник, використовуючи об'ємні або масові методи вимірювання, мікроконтролер обчислює загальний об'єм спожитого газу, дані зберігаються у внутрішній пам'яті лічильника.

Лічильник тепла: Датчик потоку вимірює об'єм теплоносія, що проходить через систему опалення, використовуючи ультразвукові або механічні методи вимірювання, мікроконтролер обчислює різницю температур і загальне споживання тепла (в гікалоріях, Гкал), загальний об'єм спожитого теплоносієм

та споживання тепла, дані зберігаються у внутрішній пам'яті лічильника. Лічильники збирають дані про споживання за допомогою датчиків та мікроконтролерів.

Приклад роботи внутрішньої пам'яті лічильника

Лічильник збирає дані про споживання ресурсу. Зібрані дані записуються у внутрішню пам'ять лічильника. Під час запиту або за розкладом, дані з пам'яті передаються через комунікаційний модуль на центральний контролер або інші пристрої. Лічильник може зберігати історичні дані для аналізу і звітності, що дозволяє відслідковувати споживання за різні періоди часу.

2.5 Модулі розрахунків в системі

Модулі розрахунків відіграють ключову роль у системах обліку енергоресурсів, забезпечуючи обробку даних, аналітику та надання інформації для прийняття рішень. Архітектура модулів розрахунків може включати кілька рівнів і компонентів для забезпечення ефективної роботи системи.

Основні компоненти модулів розрахунків:

Збір даних

Зберігання даних

Обробка даних

Аналітика та розрахунки

Візуалізація та звіти

Інтерфейс користувача

Інтеграція з іншими системами

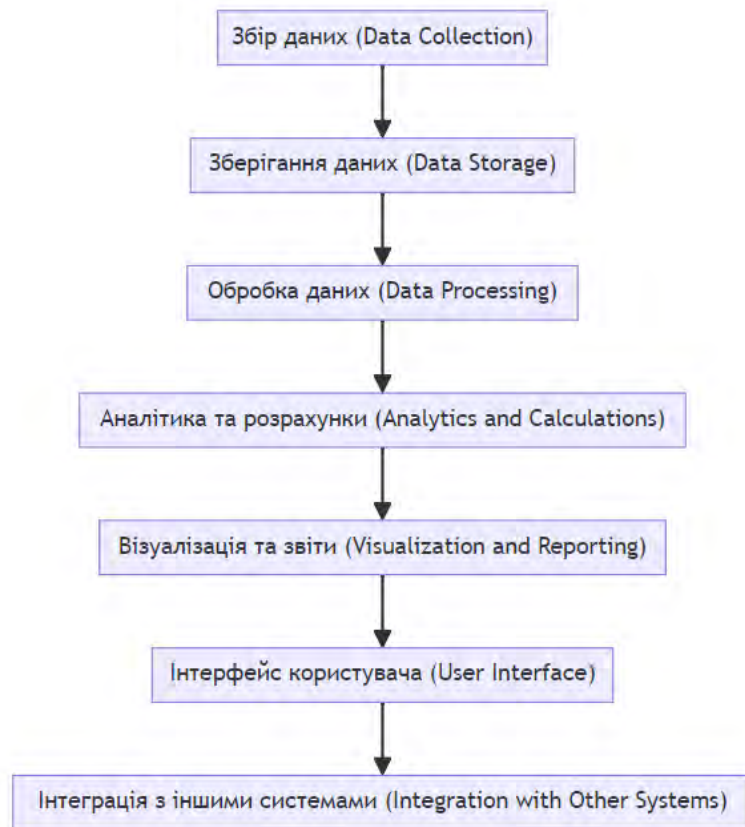


Рис. 2.3 Компоненти модулів розрахунків

Опис компонентів:

1. Збір даних

Збір даних відбувається через сенсори та лічильники, які встановлені для моніторингу споживання різних типів енергоресурсів, таких як електрика, вода, газ та тепло. Сенсори вимірюють фізичні параметри, які перетворюються на цифрові дані, а лічильники реєструють об'єм споживання. Ці дані потім передаються до центральної системи через різні комунікаційні мережі, забезпечуючи точну інформацію про використання ресурсів у реальному часі. Кожен з цих пристроїв відіграє критичну роль у забезпеченні точності та надійності даних, що збираються системою. Це дозволяє не тільки точно розраховувати загальне споживання, але й аналізувати та оптимізувати використання енергоресурсів на різних рівнях.

2. Зберігання даних

Зібрані дані зберігаються в базах даних, де вони систематизуються та структуруються для подальшої обробки та аналізу. Використання баз даних у

системах обліку енергоресурсів надає можливість централізовано зберігати великі обсяги інформації, що спрощує управління даними та доступ до них з різних точок системи. Сучасні системи баз даних забезпечують розгалужені опції безпеки, включаючи шифрування, контроль доступу та аудит, гарантуючи захист чутливих даних від несанкціонованого доступу. Оптимізація баз даних для швидкого пошуку та видачі даних критично важлива для оперативного реагування на запити та аналізу даних в реальному часі. Бази даних легко інтегруються з різними аналітичними платформами та інструментами візуалізації, що дозволяє ефективно використовувати зібрані дані для створення звітів та дашбордів. Підтримка складних SQL запитів та інших форм обробки даних дозволяє реалізовувати складні аналітичні запитання, включаючи об'єднання, фільтрацію, агрегацію та інші трансформації. Бази даних можуть масштабуватися для обробки збільшення обсягів даних без втрати продуктивності, що важливо для розширення системи обліку енергоресурсів. Типи баз даних, які часто використовуються в системах обліку енергоресурсів, включають реляційні бази даних, NoSQL бази даних, а також спеціалізовані системи для великих даних. Вибір конкретної технології бази даних залежить від конкретних вимог проекту, включаючи обсяги даних, вимоги до швидкості обробки, а також вимоги до гнучкості та масштабованості. Обробка даних

Обробка даних включає фільтрацію, очищення, перетворення та агрегацію даних. Це дозволяє підготувати дані для подальшого аналізу та розрахунків.

Аналітика та розрахунки

Модулі аналітики та розрахунків є ключовими компонентами системи обліку енергоресурсів, оскільки вони виконують складні обчислення та забезпечують глибоке розуміння споживання енергоресурсів. Модулі аналізують зібрані дані для визначення середнього споживання енергії за певні періоди часу, що допомагає виявляти тенденції та патерни у використанні ресурсів. Модулі можуть виявляти пікові періоди споживання енергії, що дозволяє користувачам оптимізувати використання енергоресурсів та знижувати витрати, пов'язані з піковими навантаженнями. Використовуючи методи прогнозування, модулі

можуть передбачати майбутнє споживання енергоресурсів на основі даних отриманих раніше. Це допомагає користувачам планувати енергоспоживання та оптимізувати ресурси. Можуть виявляти аномалії або відхилення від нормального споживання, що може свідчити про проблеми або неефективності в системі. Це дозволяє вчасно виявляти та усувати проблеми, знижуючи ризики та витрати. Модулі аналітики можуть надавати рекомендації щодо оптимізації споживання енергії, включаючи коригування режимів роботи обладнання або впровадження енергоефективних технологій, можуть генерувати детальні звіти та візуалізації (графіки, діаграми), що дозволяє користувачам легко зрозуміти результати аналізу та приймати обґрунтовані рішення.

Візуалізація та звіти

Візуалізація та звіти у системі обліку енергоресурсів дозволяють перетворювати зібрані дані на зрозумілі, інформативні візуалізації та детальні звіти, що сприяє кращому аналізу та ухваленню рішень. Модулі візуалізації створюють різноманітні графіки та діаграми, що допомагає користувачам швидко оцінювати тенденції та патерни споживання. Інтерактивні панелі управління дозволяють користувачам налаштовувати перегляд даних, фільтрувати інформацію та взаємодіяти з даними в реальному часі. Автоматично генеровані звіти надають детальний аналіз даних, ключові показники ефективності та рекомендації, що спрощує прийняття обґрунтованих рішень. Модулі також забезпечують можливість сповіщення про важливі події або аномалії, що дозволяє своєчасно реагувати на потенційні проблеми. Візуалізація даних на географічних картах допомагає аналізувати споживання по різних регіонах, а історичні дані та аналіз трендів дозволяють прогнозувати майбутнє споживання і планувати заходи для оптимізації використання ресурсів. Ці інструменти та функції є невід'ємною частиною системи обліку енергоресурсів, оскільки вони значно підвищують ефективність аналізу та управління енергоресурсами.

2.6 Інтерфейс користувача

Однією з ключових функцій, яку повинен забезпечувати загальний інтерфейс користувача для мешканців, є надання цілісного та інтуїтивно зрозумілого уявлення про поточне споживання енергії в їхньому будинку. Сучасні інтерфейси користувача, що застосовуються в системах керування будівлями, зазвичай організовують побутові прилади за їхнім розташуванням у будівлі, що логічно та зручно для користувачів при пошуку конкретних пристроїв. Проте, такий підхід не завжди допомагає мешканцям отримати цілісне уявлення про загальне споживання енергії, оскільки різні типи активних пристроїв можуть бути розміщені у різних частинах будівлі. Завдяки моделі домашнього пристрою, що інтегрує інформацію про типи споживаної та генерованої енергії, загальний інтерфейс може запропонувати альтернативний спосіб відображення пристроїв, що полегшує зрозуміння загальної картини енергоспоживання у будинку.

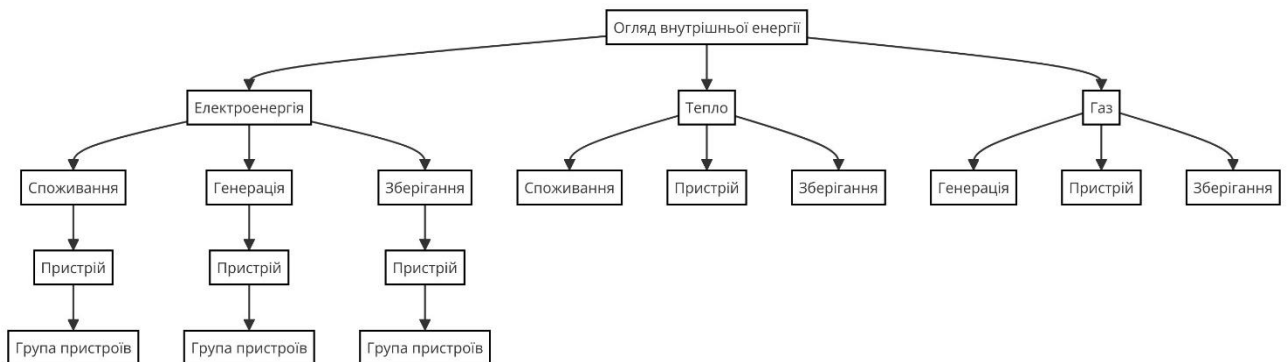


Рис. 2.4 Приклад групування пристроїв за категоріями

2.7 Використання нейронних мереж

Нейронні мережі — це моделі машинного навчання, що імітують роботу біологічних нейронів, складаються з вузлів, об'єднаних зв'язками. Кожен нейрон приймає вхідні сигнали, обробляє їх і передає далі по мережі. Мережа навчається шляхом коригування ваг зв'язків на основі отриманих результатів, що дозволяє їй покращуватися з часом.

Популярність нейронних мереж обумовлена їхньою здатністю вирішувати складні завдання з високою точністю, такі як розпізнавання зображень і природна мова. Сучасні обчислювальні потужності дозволяють тренувати великі моделі на великих наборах даних, що значно підвищує ефективність нейронних мереж. Прогрес у методах навчання, таких як глибоке навчання, також зробив їх більш ефективними.

2.7.1 Рекурентні нейронні мережі

Рекурентні нейронні мережі (RNN) — це класифікація нейронних мереж, що спеціалізуються на послідовних даних. RNN можна відрізнити від прямої нейронної мережі (FFNN) за допомогою циклу зворотного зв'язку, пов'язаного з їхніми минулими обчисленнями. Використання зворотного зв'язку дозволяє RNN зберігати «пам'ять» і використовувати інформацію з попередніх виходів протягом певного часу. Тому на значення, обчислені для RNN у момент часу (t), впливають значення, отримані моделями на попередніх етапах ($t - 1$). За допомогою даних часових рядів RNN може вивчати та моделювати часові поведінки, що демонструються в даних часових рядів, і використовувати зв'язки зворотного зв'язку, щоб згадати обчислення з попередніх кроків. У застосуванні до прогнозування енергії в будівлях найбільш відомі мережі RNN, які були застосовані, включають: просту рекурентну нейронну мережу, рекурентну блокову стробування (GRU) і нейронні мережі довгострокової пам'яті (LSTM). GRU і LSTM можна відрізнити від RNN за допомогою воріт. Ворота застосовуються для того, щоб контролювати потік інформації та допомагати зменшити втрати короткочасної пам'яті та подолати проблему зникнення градієнта. Рисунок 2.5 ілюструє внутрішню структуру для кожної з рекурентних моделей (RNN, GRU та LSTM)

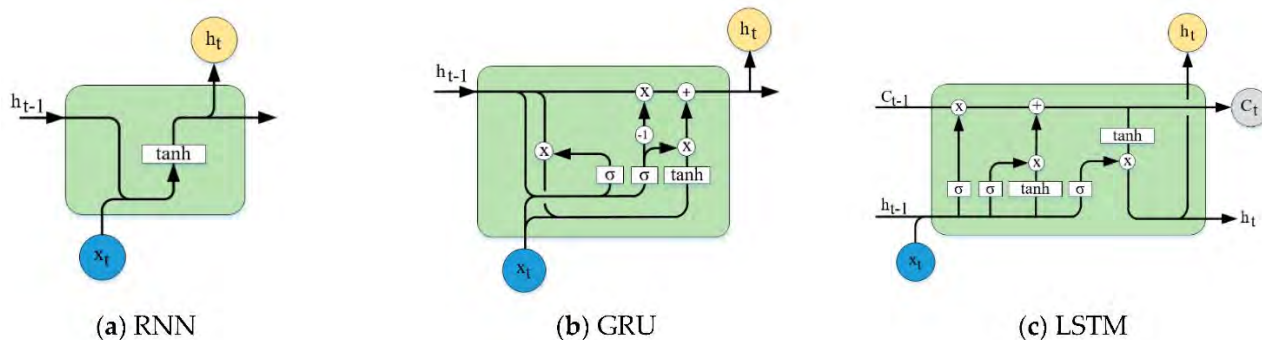


Рис. 2.5 Внутрішня структура

Де t — крок ($t, t - 1, \dots, t - n$), x_t — вхідний вектор, h_t — прихований шар i /або вихідний вектор, \tanh і σ — функції активації, а cc — стан комірки.

2.7.2 Згорткові нейронні мережі

Feedforward Neural Network (FFNN) — це тип штучної нейронної мережі з впорядкованим потоком даних. Структура мережі включає вхідний шар, декілька прихованих шарів та вихідний шар. Вхідний шар приймає дані, які проходять через приховані шари, де відбувається обробка з використанням нелінійних функцій активації, що дозволяє мережі вивчати складні шаблони в даних. Кожен прихований шар передає свій результат до наступного шару, аж поки дані не досягнуть вихідного шару, де формується кінцевий результат.

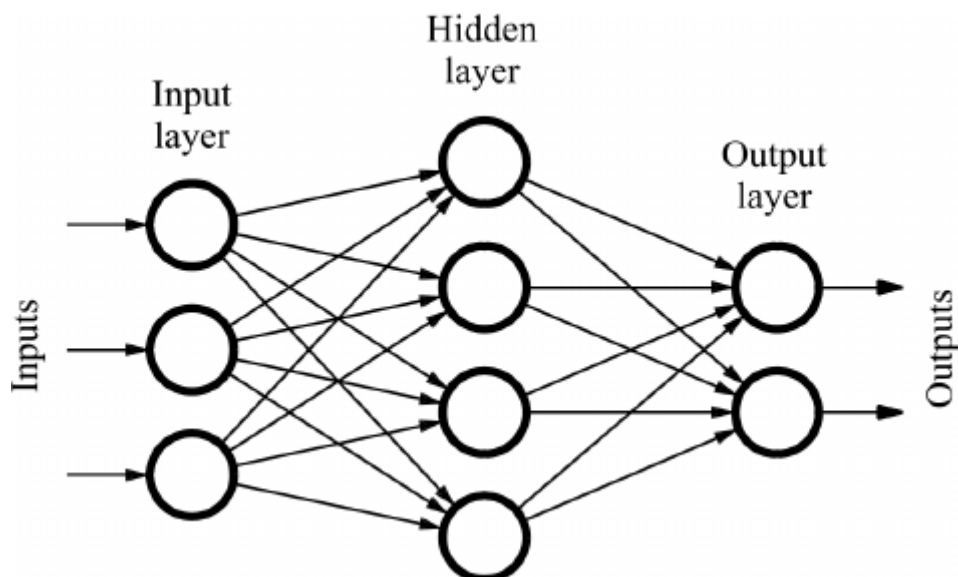


Рис. 2.6 Архітектура Feedforward Neural Network

Архітектура Feedforward Neural Network включає три основні компоненти:

Вхідний шар (Input Layer): Складається з нейронів, що безпосередньо приймають вхідні дані. Кількість нейронів у вхідному шарі зазвичай відповідає кількості ознак у вхідному датасеті.

Приховані шари (Hidden Layers): Одна або кілька груп нейронів, які обробляють вхідні дані через ваги і активаційні функції. Приховані шари відповідають за вивчення складних патернів та відносин у даних.

Вихідний шар (Output Layer): Кінцевий шар, що видає результати обчислень мережі. Кількість нейронів у вихідному шарі зазвичай відповідає кількості класів або вихідних параметрів, які потрібно прогнозувати.

Кожен нейрон у прихованих і вихідних шарах використовує активаційну функцію, для нелінійного перетворення вхідних сигналів. Це дає можливість мережі вивчати складніші завдання, ніж просте лінійне відображення.

3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ТА БЛОК-СХЕМИ АЛГОРИТМУ СИСТЕМИ

3.1 Розробка структурної схеми

Структурна схема описує організацію та взаємозв'язки між компонентами системи, використовуючи блоки для позначення окремих елементів та стрілки для ілюстрації їхніх зв'язків. Цей тип діаграми допомагає зрозуміти структуру системи і є важливим інструментом в інженерії та програмуванні для проектування, аналізу та оптимізації процесів.

Схема також є важливою частиною документації, яка описує архітектуру системи, полегшуючи комунікацію між членами команди, замовниками та іншими зацікавленими сторонами, забезпечуючи спільне розуміння системи. Вона допомагає виявляти потенційні проблеми і слабкі місця, полегшуючи їх виправлення та дозволяючи проводити аналіз продуктивності, надійності та безпеки. Крім того, схема допомагає виявляти можливості для покращення та оптимізації системи, слугуючи основою для планування модернізацій та впровадження нових технологій.

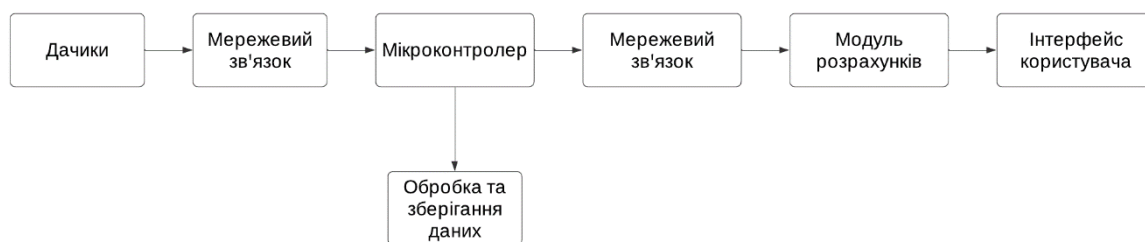


Рис. 3.1 Блок схема системи обліку

Принцип роботи системи

Блок схема системи обліку енергоресурсів складається з декількох взаємопов'язаних процесів:

1. Збір даних

Вимірювання ресурсів через сенсори, кожен тип має спеціалізовані сенсори. Вони збирають відповідні дані температуру, об'єм, або електричні параметри. Ці дані перетворюються в цифровий сигнал для подальшої обробки.

2. Передача даних комунікаційними модулями

Сенсори передають зібрані дані через комунікаційні модулі, які використовують різні протоколи зв'язку для надсилання інформації до центрального контролера.

3. Обробка даних центральним контролером

Центральний контролер приймає дані від сенсорів, здійснює їх первинну обробку, таку як фільтрація та нормалізація. Центральний контролер також відповідає за зберігання даних.

4. Аналіз та розрахунки модулем розрахунків

Після первинної обробки, дані надсилаються до модуля розрахунків, де вони аналізуються для визначення шаблонів споживання, виявлення неефективностей та прогнозування потреб. Модуль розрахунків може також автоматизувати деякі управлінські функції, наприклад, оптимізацію навантаження.

5. Взаємодія з користувачем через інтерфейс користувача

Інтерфейс користувача дозволяє користувачам переглядати аналітичні дані та звіти, реагувати на сповіщення. Це може включати мобільні додатки або веб-інтерфейси, які надають доступ до системи з будь-якого місця.

Ці процеси створюють замкнену систему, де збір та аналіз даних відбувається неперервно і взаємопов'язано, забезпечуючи точний моніторинг та управління енергоресурсами.

3.2 Розробка блок-схеми алгоритму

Дана блок-схема відображає алгоритм роботи системи збору даних з різних датчиків у контексті обліку енергоресурсів. Алгоритм включає основні етапи: ініціалізацію системи, перевірку працездатності датчиків, збір даних, передачу даних на модуль розрахунків, оновлення бази даних і відображення інформації користувачу.



Рис. 3.2. Блок-схема алгоритму

Принцип роботи

Дана блок-схема відображає алгоритм роботи системи збору даних з різних датчиків у контексті обліку енергоресурсів. Алгоритм включає основні етапи: ініціалізацію системи, перевірку працездатності датчиків, збір даних, передачу даних на модуль розрахунків, оновлення бази даних і відображення інформації користувачу.

1. Запуск алгоритму з блоку «Початок».
2. Алгоритм починається з ініціалізації системи, яка включає запуск всіх необхідних компонентів і перевірку готовності системи до роботи.
3. Після попереднього кроку, проводиться перевірка працездатності всіх датчиків. Тобто перевірка чи всі прилади готові до роботи і кожен з них працює коректно. Якщо якийсь з датчиків не відповідає або має якусь помилку, алгоритм повертається до стадії перевірки для виправлення помилок. Якщо всі датчики працюють коректно, система переходить до збору даних.
4. Перевірка наявності даних з кожного сенсора, якщо відповідь від будь якого немає, проводиться повторний запит. Коли всі дані зібрано, система передає їх на модуль розрахунків через комунікаційні модулі, що забезпечують передачу даних від лічильників та датчиків до центрального контролера.
5. Центральний контролер обробляє зібрані дані, фільтрує їх та передає їх далі на модуль розрахунків для зберігання та подальшого аналізу.
6. Модуль розрахунків проводить обчислення по отриманим даним, відправляє їх в базу.
7. Після обробки даних база даних оновлюється новими значеннями, і результати відображаються користувачу через користувацький інтерфейс, що дозволяє проводити аналіз і приймати обґрунтовані рішення щодо управління енергоспоживанням.
8. Після відображення алгоритм завершується до початку нового запиту.

4. ОПИС І ОБГРУНТУВАННЯ СКЛАДОВИХ СИСТЕМИ

Компоненти системи

Система обліку енергоресурсів складається з декількох основних компонентів: сенсорів, комунікаційних модулів, центрального контролера, модуля розрахунків та інтерфейсу користувача. Сенсори вимірюють споживання електроенергії, води, газу та тепла. Наприклад, сенсори струму та напруги вимірюють електроенергію, водоміри обчислюють споживання води, газові лічильники визначають об'єм спожитого газу, а теплові лічильники вимірюють кількість спожитої теплової енергії.

Комунікаційні модулі збирають дані від сенсорів і передають їх до центрального контролера через Wi-Fi. Центральний контролер обробляє ці дані, забезпечуючи їхню збереженість і доступність для подальшого аналізу. Обробка даних включає фільтрацію, перевірку на цілісність і нормалізацію для подальшого аналізу.

Модуль розрахунків виконує детальний аналіз даних, використовуючи алгоритми машинного навчання або нейронні мережі для прогнозування споживання ресурсів, виявлення аномалій та оптимізації використання енергії. Це дозволяє краще управляти ресурсами, знижувати витрати та підвищувати ефективність системи.

Інтерфейс користувача забезпечує доступ до системи через веб-платформу або мобільний додаток, де користувачі можуть переглядати дані в реальному часі, отримувати сповіщення про аномалії та генерувати звіти про споживання енергії. Інтерфейс дозволяє легко налаштовувати параметри системи відповідно до індивідуальних потреб користувача.

Принцип дії системи полягає у безперервному зборі даних від сенсорів, їхньому обробленні центральним контролером, аналізі модулем розрахунків та наданні результатів через інтерфейс користувача. Це створює замкнений цикл, який дозволяє постійно моніторити і покращувати ефективність використання енергоресурсів..

4.1 Лічильник електроенергії

1. Лічильник електроенергії

Для вимірювання струму ми будемо використовувати сенсор струму ACS712, а для напруги – резистивний дільник напруги.

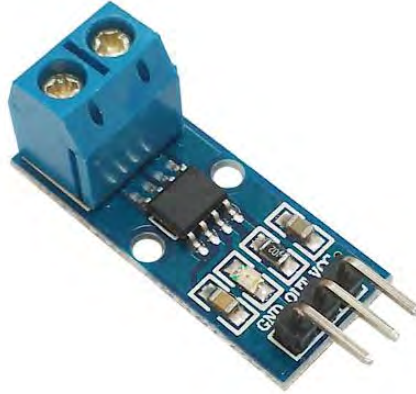


Рис. (сенсор струму ACS712)

Сенсор струму ACS712 є широко використовуваним інтегральним модулем для вимірювання струму. Він здатний вимірювати як змінний (AC), так і постійний (DC) струм. Цей сенсор забезпечує лінійний вихідний сигнал, пропорційний вимірюваному струму. ACS712 доступний у трьох модифікаціях з різними діапазонами вимірювання: ± 5 А, ± 20 А і ± 30 А. Вихідний сигнал є аналоговим і змінюється від 0 до 5 В залежно від вимірюваного струму. Сенсор має високу точність і стабільність завдяки використанню технології Hall Effect. Робоча напруга модуля становить 5 В, а робоча температура варіюється від -40°C до 85°C . Шум вихідного сигналу низький, що забезпечує точні вимірювання. Сенсор має захист від перевантаження і може працювати в різних умовах експлуатації.

2. Лічильник води

Для вимірювання потоку води ми будемо використовувати водяний сенсор YF-S201.



Рис. (сенсор YF-S201)

Водяний сенсор YF-S201 використовується для вимірювання потоку води. Він має пластиковий корпус і встановлюється в трубопровід. Сенсор працює за принципом Hall Effect і має вбудований магнітний ротор, який обертається при протіканні води через сенсор. Вихідний сигнал є імпульсним і пропорційний швидкості потоку води. Діапазон вимірювань становить від 1 до 30 літрів за хвилину. Робоча напруга сенсора становить від 5 до 18 В, а робочий струм - до 15 мА. Сенсор має високу точність вимірювання з похибкою не більше 1-2%. Робоча температура сенсора варіюється від -25°C до 80°C .

3. Лічильник газу

Для вимірювання потоку газу можна використовувати аналогічний сенсор потоку, як і для води, або спеціалізований сенсор газу.

4. Лічильник тепла

Для вимірювання тепла ми будемо використовувати два температурні датчики DS18B20.



Рис. (датчик DS18B20)

Сенсор температури DS18B20 забезпечує точне вимірювання температури з інтерфейсом 1-Wire. Він може працювати в діапазоні температур від -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$ з точністю $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ в діапазоні від -10°C до $+85^{\circ}\text{C}$. Вихідний сигнал цифровий, що дозволяє легко інтегрувати сенсор у мікроконтролерні системи. Сенсор підтримує живлення від 3.0 до 5.5 В і має низьке енергоспоживання. Завдяки унікальному 64-бітовому серійному коду, кожен сенсор може бути ідентифікований у мережі.

4.2 Підключення до ордуїно

Для розширення функціоналу обробки та передачі даних через комунікаційні модулі, можна використовувати передачу даних через Wi-Fi за допомогою модуля ESP8266.

Для підключення модуля ESP8266 до Arduino через UART (послідовний порт), спочатку підключіть VCC ESP8266 до 3.3V на Arduino, а GND ESP8266 до

GND на Arduino. Потім підключіть RX ESP8266 до TX Arduino, забезпечуючи потенціал на рівні 3.3V, і TX ESP8266 до RX Arduino, також забезпечуючи потенціал на рівні 3.3V.

Підключення до Wi-Fi відбувається за допомогою нашого мікроконтролера, де Arduino підключається до Wi-Fi мережі з використанням вказаного SSID та паролю. Збір даних з сенсорів відбувається кожні 30 хвилин (1800000 мілісекунд). Дані зберігаються у внутрішню пам'ять для подальшого використання. Зібрані дані відправляються на модуль розрахунків за запитом.

4.3 Обробка інформації та розрахунок

Модуль розрахунків енергоспоживання є важливим компонентом системи збору даних з лічильників, оскільки він забезпечує точну обробку та аналіз даних, що дозволяє ефективно керувати енергоспоживанням, знижувати витрати та підвищувати енергоефективність.

В Україні, як і в інших країнах, для обліку та розрахунку споживання енергоресурсів використовуються різні методи і формули. Ось основні обрахунки для електроенергії, води, газу та тепла.

Для розрахунку споживання електроенергії використовується стандартна формула: Споживана енергія (кВт·год) = Потужність (кВт) × Час (год). Потужність (кВт) обчислюється за допомогою струму (А) та напруги (V): Потужність (Вт) = Напруга (V) × Струм (А). Потужність (кВт) = Напруга (V) × Струм (А) / 1000.

Для розрахунку об'єму спожитої води використовуються лічильники води, які обчислюють об'єм води в кубічних метрах (м³): Об'єм води (м³) = Кількість імпульсів × Коефіцієнт імпульсу (м³/імпульс).

Для розрахунку об'єму спожитого газу використовуються газові лічильники: Об'єм газу (м³) = Кількість імпульсів × Коефіцієнт імпульсу (м³/імпульс).

Для розрахунку споживання тепла використовуються теплові лічильники, які обчислюють споживання тепла в гікалоріях (Гкал) або кіловат-годинах (кВт·год): Спожите тепло (Гкал) = Об'єм теплоносія (м³) × Різниця температур

(°C) × Коефіцієнт теплоємності. Різниця температур обчислюється за допомогою двох температурних датчиків: Різниця температур (°C) = Температура на вході (°C) - Температура на виході (°C).

Приклади розрахунків

1. Електроенергія: Лічильник вимірює напругу 220V і струм 10A.
Потужність (Вт) = 220V * 10A = 2200W. Споживання електроенергії за 1 годину = 2200W / 1000 = 2.2 кВт·год.
2. Вода: Лічильник води має коефіцієнт 0.001 м³/імпульс. Якщо лічильник зафіксував 500 імпульсів, то об'єм води = 500 * 0.001 = 0.5 м³.
3. Газ: Лічильник газу має коефіцієнт 0.01 м³/імпульс. Якщо лічильник зафіксував 100 імпульсів, то об'єм газу = 100 * 0.01 = 1 м³.
4. Тепло: Лічильник тепла зафіксував об'єм теплоносія 10 м³, температура на вході 70°C, на виході 50°C. Різниця температур = 70°C - 50°C = 20°C. Коефіцієнт теплоємності (умовний) = 1.0. Спожите тепло = 10 м³ * 20°C * 1.0 = 200 Гкал.

Приклади розрахунків за визначений термін

1. Електроенергія

Початковий показник (на початку місяця): 1500 кВт·год

Кінцевий показник (на кінці місяця): 1720 кВт·год

Споживання за місяць: Споживання електроенергії=1720 кВт\год-1500 кВт\год=220 кВт\год

Якщо ціна за 1 кВт·год електроенергії становить x грн, то вартість спожитої електроенергії:

Вартість=220 кВт\год× «x» грн/кВт

2. Вода

Початковий показник: 10 м³

Кінцевий показник: 15 м³

Споживання за місяць: Споживання води=15 м³-10 м³=5 м³

Якщо ціна за 1 м³ води становить x грн, то вартість спожитої води:

Вартість= $5 \text{ м}^3 \times \langle x \rangle \text{ грн/м}^3$

3. Газ

Початковий показник: 200 м^3

Кінцевий показник: 250 м^3

Споживання за місяць: Споживання газу= $250 \text{ м}^3 - 200 \text{ м}^3 = 50 \text{ м}^3$

Якщо ціна за 1 м^3 газу становить x грн, то вартість спожитого газу:

Вартість= $50 \text{ м}^3 \times \langle x \rangle \text{ грн/м}^3$

4. Тепло

Початковий показник: 1000 Гкал

Кінцевий показник: 1200 Гкал

Споживання за місяць: Споживання тепла= $1200 \text{ Гкал} - 1000 \text{ Гкал} = 200 \text{ Гкал}$

Якщо ціна за 1 Гкал тепла становить x грн, то вартість спожитого тепла:

Вартість= $200 \text{ Гкал} \times \langle x \rangle \text{ грн/Гкал}$

Для отримання точного обліку споживання енергії, води, газу та тепла за визначені терміни, слід порівнювати початкові та кінцеві показники лічильників за цей період.

Ці формули використовуються для точного обліку та розрахунку споживання енергоресурсів у житлових типах будівель.

4.4 Інтерфейс користувача

За основу взято FFNN (Feedforward Neural Network) — це тип штучної нейронної мережі, де зв'язки між вузлами не формують циклів. Це означає, що інформація рухається тільки в одному напрямку, вперед, від вхідних нейронів через приховані шари до вихідних нейронів. FFNN часто використовуються для задач регресії та класифікації

Використання FFNN у проекті моніторингу енергоресурсів забезпечує високу точність прогнозування. Мережа адаптується до нових патернів споживання без потреби в перепрограмуванні, що забезпечує гнучкість у відповідях на зміни. FFNN швидко обробляє великі масиви даних, забезпечуючи

оперативність ухвалення рішень. Оптимізація споживання на основі аналізу даних допомагає знизити витрати та покращити енергоефективність. Персоналізація користувацького інтерфейсу на основі поведінки користувача підвищує зручність і задоволеність користувачів.

Система прогнозування споживання енергії з використанням FFNN, де дані про попереднє споживання енергії збираються за заданими параметрами. Користувачі мають доступ до результатів через веб-інтерфейс, який відображає прогнози та історичні дані на інтерактивних графіках. Інтерфейс дозволяє користувачам вибирати різні періоди часу, моніторити споживання та отримувати сповіщення про значні відхилення в споживанні.

Висновки

У цій роботі було проведено всебічний аналіз існуючих систем обліку енергоресурсів у житлових будинках. Дослідження виявило низку недоліків і обмежень у сучасних рішеннях, таких як недостатня точність вимірювань, складність інтеграції та обмежені можливості для детального моніторингу споживання ресурсів.

На основі цього аналізу було розроблено власну систему обліку енергоресурсів. Система включає датчики для точного збору даних та інтелектуальні алгоритми для їх обробки. Це дозволяє користувачам отримувати більш точну та своєчасну інформацію про споживання енергії, води та тепла, що сприяє ефективнішому управлінню ресурсами та зниженню витрат. Впровадження цієї системи забезпечує покращену енергетичну ефективність та підтримку сталого розвитку.

Для низької собі вартості системи було обрано бюджетні, надійні складові та на їх основі зібрано схему. Також використано бездротову систему комунікації, що спрощує і полегшує збір даних.

Ця конфігурація забезпечує високу продуктивність, масштабованість і надійність системи збору даних з лічильників, дозволяючи виконувати всі необхідні розрахунки та аналізи для ефективного управління енергоспоживанням.

Джерела

- [1] [Валуйський С. В., Шилов В. О., Гуйда О. Г. Переваги та недоліки протоколів мережевого рівня, що використовуються в безпроводових сенсорних мережах //Науковий вісник Академії муніципального управління. Серія: Техніка. — 2015. — №. 1. — С. 37-44](#)
- [2] <https://www.techradar.com/best/best-home-automation-systems>
- [3] A review of the-state-of-the-art in data-driven approaches for building energy prediction [Електронний ресурс]. Доступно: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778819339313?via%3Dihub>
- [4] Deep Learning Авторы: Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron [Електронний ресурс]. Доступно: https://books.google.com.ua/books?hl=ru&lr=&id=omivDQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&ots=MON6arpDTQ&sig=HXBKAPj66Nw8RikaTc4JE7wGstQ&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- [5] [Електронний ресурс]. Доступно: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Zigbee>
- [6] [Електронний ресурс]. Доступно: <https://www.se.com/us/en/>
- [7] [Електронний ресурс]. Доступно: <http://new.abb.com/low-voltage/products/energy-meters/eqmatic-energy-analyzers>
- [8] [Електронний ресурс]. Доступно: <https://buildings.honeywell.com/us/en/products/by-category/software/building-control-software/energy-management-software/e-mon-energy-software>
- [9] [Електронний ресурс]. Доступно: <https://interline.pl/Information-and-Tips/LoraWan>
- [10] [Електронний ресурс]. Доступно: <https://www.avsystem.com/blog/iot/narrowband-iot/>
- [11] [Електронний ресурс]. Доступно: <https://paravisionlab.co.in/feed-forward-neural-networks-tensorflow/>