

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра інформаційно-обчислювальних систем і управління

СУЛИМА Богдан Ярославович

**Програмно-апаратний застосунок "Розумний лічильник електроенергії"
/ Software and hardware application "Smart electricity meter"**

Спеціальність 122 – Комп'ютерні науки
Освітньо-професійна програма – Комп'ютерні науки

Дипломний проект

Виконав студент групи КН-42
Б. Я. Сулима

Науковий керівник:
к.т.н., доцент О.Р.Осолінський

Дипломний проект допущено до
захисту

« ___ » _____ 2023 р.

Завідувач кафедри
_____ М.П. Комар

Тернопіль – 2023

Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра інформаційно-обчислювальних систем і управління
Освітній ступінь «бакалавр»
Спеціальність 122 – Комп'ютерні науки
Освітньо-професійна програма – Комп'ютерні науки

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ М.П. Комар
« ____ » _____ 2022 р.

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

СУЛИМА Богдан Ярославович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту: Програмно-апаратний застосунок "Розумний лічильник електроенергії" / Software and hardware application "Smart electricity meter"
керівник проекту к.т.н., доц. О.Р.Осолінський

затверджені наказом по університету від 08 грудня 2022 р. № 491.

2. Строк подання студентом закінченого проекту 01 червня 2023 р.

3. Вихідні дані до проекту: технічне завдання.

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

- опис концепції розумної енергії ;
- опис відомих рішень розумних лічильників електроенергії;
- постановка задачі дослідження;
- розробка архітектура модуля;
- розробка алгоритмічного забезпечення застосунку;
- розробка інформаційного забезпечення застосунку;
- проведення аналізу програмного та апаратного забезпечення для застосунку;
- розробка програмного забезпечення для програмно-апаратного застосунку;
- проведення тестування програмно-апаратного застосунку;

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
- архітектура застосунку "Розумний лічильник електроенергії";
 - блок-схема повної роботи прототипу розумного лічильника енергії.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Н. контроль	к.т.н., доц. О.Р. Осолінський		

7. Дата видачі завдання 08 грудня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Розумна енергетика та розумні лічильники	30.12.2022	
2	Розробка архітектури програмно-апаратного застосунку "Розумний лічильник електроенергії"	24.03.2023	
3	Програмно-технологічне забезпечення програмно-апаратного застосунку "Розумний лічильник електроенергії"	12.05.2023	
4	Повне завершення та оформлення дипломного проекту	01.06.2023	

Студент _____ Б. Я. Сулима
(підпис)

Керівник проекту _____ О.Р. Осолінський
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту: 61 с., 25 рис., 3 додатки, 29 джерел.

Метою дипломного проекту є розробка програмно-апаратного застосунку "Розумний лічильник електроенергії".

В роботі використовувалися методи системного аналізу, порівняння, логічного узагальнення результатів, методи інтелектуального аналізу даних.

Розроблено архітектуру модуля, і його апаратний дизайн, описано основні алгоритми функціонування лічильника, процесу передплаченого розрахунку, виявлення несанкціонованого доступу, спроектовано структуру бази даних інтелектуального лічильника, описано бізнес-модель "розумного лічильника".

Проведено аналіз програмного та апаратного забезпечення застосунку, підібрано апаратне забезпечення для відправки даних, вимірювання струму та напруги, та засоби побудови графічного інтерфейсу.

Розроблено програмне забезпечення для апаратної частини застосунку та для графічного інтерфейсу.

Ключові слова: РОЗУМНИЙ ЛІЧИЛЬНИК, АПАРАТНО-ПРОГРАМНИЙ ЗАСТОСУНОК, ВИМІРЮВАННЯ СТУМУ, ВИМІРЮВАННЯ НАПРУГИ.

ABSTRACT

The bachelor's thesis report: 61 pages, 25 figures, 3 appendices, 29 sources.

The aim of the thesis project is to develop a software and hardware application called "Smart Electricity Meter".

The methods of system analysis, comparison, logical generalization of results, and data mining techniques were used in the work.

The architecture of the module and its hardware design were developed, the basic algorithms of the meter functioning, the prepaid billing process, unauthorized access detection were described, the structure of the smart meter database was designed, and the business model of the smart meter was described.

The software and hardware of the application were analyzed, hardware for sending data, measuring current and voltage, and tools for building a graphical interface were selected.

The software for the application hardware and for the graphical interface was developed.

Keywords: SMART METER, HARDWARE AND SOFTWARE APPLICATION, CURRENT MEASUREMENT, VOLTAGE MEASUREMENT.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1. НАЙМЕНУВАННЯ ТА ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ

1.1 Програмно-апаратний застосунок "Розумний лічильник електроенергії".

1.2 Область застосування – інтелектуальний облік споживання електроенергії.

2. ОСНОВА ДЛЯ РОЗРОБЛЕННЯ

Основою для розроблення є завдання на дипломний проект, затверджене кафедрою інформаційно-обчислювальних систем і управління факультету комп'ютерних інформаційних технологій Західноукраїнського національного університету.

3. ПРИЗНАЧЕННЯ РОЗРОБЛЕНОГО КОМПЛЕКСУ

Метою дипломного проекту є дипломного проекту є розробка програмно-апаратного застосунку "Розумний лічильник електроенергії".

4. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБЛЕННЯ

Джерелами даної розробки є матеріали навчальної і реферативної літератури, технічна документація, науково-дослідні статті, журнали, Інтернет.

5. ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

5.1 Основні функціональні вимоги до програмної системи:

- збір даних;
- передавання даних;
- аналіз даних.

5.2 Вимоги до апаратних засобів:

- модуль SIM900A;

- Arduino
- Сенсор SCT-013

5.3 Вимоги до програмних засобів:

- Blynk.Apps.

6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ

6.1 Представлення дипломного проекту на попередній захист.

6.2 Представлення дипломного проекту на захист.

Завдання прийняв до виконання _____ Б. Я. Сулима
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник дипломного проекту _____ О.Р. Осолінський
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Вступ.....	9
1 Розумна енергетика та розумні лічильники	11
1.1 Концепція розумної енергії.....	11
1.2 Аналіз відомих рішень розумних лічильників електроенергії.....	15
1.3 Постановка задачі	22
2 Розробка архітектури програмно-апаратного застосунку "розумний лічильник електроенергії"	24
2.1 Архітектура модуля	24
2.2 Алгоритмічне забезпечення застосунку	28
2.3 Інформаційне забезпечення застосунку	33
3 Програмно-технологічне забезпечення програмно-апаратного застосунку "розумний лічильник електроенергії"	39
3.1 Аналіз програмного та апаратного забезпечення застосунку	39
3.2 Програмне забезпечення для програмно-апаратного застосунку	46
3.3 Тестування програмно-апаратного застосунку.....	49
Висновки	54
Додаток А Код програми застосунку "розумний лічильник електроенергії".	58
Додаток Б Архітектура застосунку "розумний лічильник електроенергії"	60
Додаток В Блок-схема повної роботи прототипу розумного лічильника енергії	61

					<i>ДП.КН.8351546.061.ПЗ</i>							
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Програмно-апаратний застосунок "Розумний лічильник електроенергії"</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Сулима Б. Я.</i>								8	61	
<i>Перевір.</i>		<i>Осолінський О.Р.</i>						<i>ЗУНУ.ФКІТ.КН-41</i>				
<i>Реценз.</i>												
<i>Н. Контр.</i>		<i>Осолінський О.Р.</i>										
<i>Затверд.</i>		<i>Комар М.П.</i>										

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Протягом багатьох років "розумна" енергетика розвивалася, охоплюючи різні сфери, інтегровані в різні технології, такі як електроенергетика, "розумні" мережі та логістика, об'єднані за допомогою комунікаційних технологій і оброблені в хмарі в цілісний спосіб для вирішення глобальних проблем.

Досягнуті успіхи в технологіях зондування, зв'язку та обчислень уможливають кращу реалізацію "розумних" систем. У "розумних" енергетичних системах технології зондування охопили кілька сфер, а нові методи є більш точними, мають більший динамічний діапазон і є більш надійними. Аналогічно, комунікаційні технології перетворилися на дуже швидкісні, гнучкі і динамічні системи.

Системна інтеграція зазнала прогресу у вигляді парадигм управління, автоматизації та аналітики. Таким чином, інтелектуальні енергетичні системи стали свідками революційної трансформації.

Що стосується "розумних" лічильників, то вимірювальний компонент повинен масштабуватися, щоб відповідати вимогам еволюціонуючої енергетичної екосистеми, спираючись на пропоновані досягнення. Інтернет речей (IoT) є ключовим технологічним інструментом у цьому сценарії, а "розумний" лічильник - ключовим компонентом. За останні роки технологія обліку зростає як у складності, так і в функціональності. Тому вона повинна використовувати досягнення, запропоновані IoT, щоб виконувати нову роль, вона повинна використовувати досягнення, які пропонує Інтернет речей.

Тому зараз "розумний" лічильник є комбінацією сенсорних, обчислювальних і комунікаційних вузлів для гнучких і складних парадигм проектування.

Метою дипломного проекту є розробка програмно-апаратного застосунку "Розумний лічильник електроенергії"

									ДП.КН.8351546.061.ПЗ	Арк.
										9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Об'єктом дослідження системи вимірювання та обліку електроенергії з підтримкою IoT.

Предметом дослідження структури систем розумних лічильників, та методи їх побудови.

Методи та технології розробки. Технологією розробки було обрано середовище Labview, мови програмування G, C++, портал Tinkercad для протипування та моделювання вузлів розумного лічильника, та blynk для розробки графічного інтерфейсу.

Практичне значення одержаних результатів. В результаті проведеної роботи буде реалізовано: архітектуру, програмне забезпечення та модель розумного лічильника електроенергії, який базується на недорогих апаратно-обчислювальних платформах.

					<i>ДП.КН.8351546.061.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

1 РОЗУМНА ЕНЕРГЕТИКА ТА РОЗУМНІ ЛІЧИЛЬНИКИ

1.1 Концепція розумної енергії

Енергетика є ключовим компонентом сучасного світу. Для підвищення ефективності та функціональності енергетичних, інформаційних та комунікаційних технологій. Інтеграція стала ключовим фактором. Енергетика є складною, багаторівневою і багатовимірною сферою, так само як і інтеграція ІКТ, що призвела до появи "розумної" енергетики.

Парадигма "розумної" енергетики розвивалася протягом багатьох років і включає в себе багато технологій, таких як "розумна" мережа, автоматизована інфраструктура обліку, управління активами, енергетичний мікс, відновлювані джерела енергії, міжгалузевий контроль та інтеграція, як, наприклад, у плануванні логістики палива тощо. Термін "розумна енергетика" використовується в різних значеннях, але він відображає зміну парадигми від односекторного підходу [1]. В огляді [1] зазначено кілька варіантів використання терміну "розумна енергетика" і згруповано їх у два класи, в яких перша група в першу чергу зосереджена на "розумних" мережах, а потім на їх розширеннях, таких як міжгалузеве управління та моделювання [2] і ефективність систем опалення [3], тоді як роботи другої групи зосереджені на міжгалузевій інтеграції, як у [4], компоненті більш складної інтерактивної системи систем [5] або компоненті інтеграції відновлюваної енергетики [6]. Ці сценарії відображають зміну парадигми системного мислення щодо енергетики.

"Розумна" енергетика зараз являє собою міжгалузеву інтеграцію, контроль та оптимізацію [7], які в кінцевому підсумку підвищують ефективність і забезпечують безпрецедентну функціональність, таку як забезпечення більш розумного життя [8], розвиток, орієнтований на людину [9] тощо. У такій розвиненій і різноманітній системі систем компоненти, які забезпечують функціональність, також розвиваються і потребують більшої функціональності, є більш інтегрованими в сенсі зв'язку і більш

					<i>ДП.КН.8351546.061.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

інтелектуальними [10]. Ці характеристики впливають з того факту, що інтегроване ціле є більшим, ніж сума частин. Більша функціональність необхідна, оскільки кожен вузол або компонент тепер повинен збирати більше інформації; більша інтеграція необхідна через більший попит на інформаційний потік, як з точки зору змісту, так і з точки зору призначення; і, нарешті, інтелект необхідний для управління складністю і для забезпечення нових функціональних можливостей. Таким чином, кожен компонент складної системи, такої як "розумна" енергетика, також повинен розвиватися. Компоненти "розумної" енергетики включають генерацію, розподіл, облік, обчислення, зв'язок тощо. Сценарій представлений на Рисунку 1, який представляє "розумну" енергетику та її семантику в центрі, пов'язану з різними областями та функціями в енергетичній парадигмі.

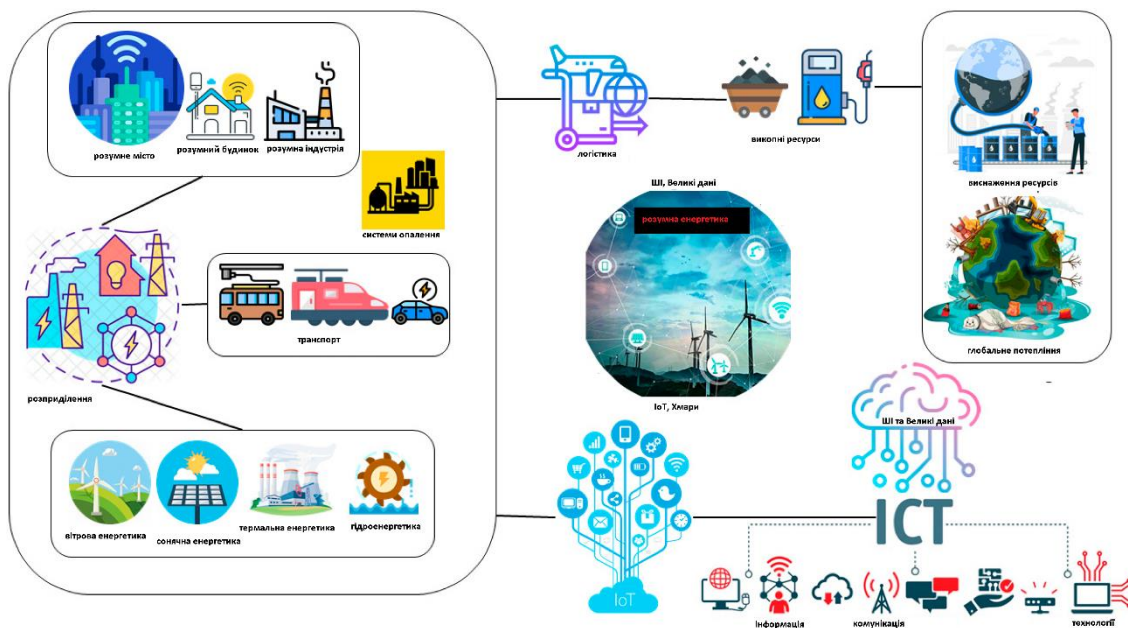


Рисунок 1.1 - Концепція розумної енергетики

Сценарії генерації, розподілу та споживання укладені в рамки. ІоТ використовується для визначення та контролю різних компонентів системи. ІКТ та ШІ використовуються для управління загальною системою для вирішення великих завдань

										ДП.КН.8351546.061.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							12

Облік є важливою функцією інтелектуальних енергетичних систем і дозволяє точно оцінити стан системи [11]. Інтелектуальний лічильник є одним з основних компонентів сучасних енергетичних систем і забезпечує функціональність обліку.

Як правило, інтелектуальний лічильник складається з підсистем зондування, обчислення та зв'язку. Кожен з компонентів зазвичай визначається для енергетичного сектору, в якому лічильник буде експлуатуватися. Однак для сценарію "розумної" енергетики потрібен все більш високий рівень інтеграції.

Обчислювальні та комунікаційні технології розвивалися блискавично протягом багатьох років, керуючись законом Мура [12]. Це призвело до мініатюризації обчислювального простору, розширення функціональності та збільшення швидкості зв'язку, що призвело до складних конструкцій та множинності завдань для обчислювальних платформ, які в наш час еволюціонували від простих мікроконтролерів до складних одноплатних комп'ютерів для вбудованої області, в якій відбувається розробка інтелектуального лічильника.

Відповідно, можливості операційної системи також розширилися, і прості вимірювання та звітність поступилися місцем просунутим розробкам на основі штучного інтелекту для різних розширених функцій, таких як виявлення несанкціонованого втручання, неінтрузивний моніторинг навантаження, зняття пікових навантажень, оцінка роботи мережі тощо.

Таким чином, архітектура та дизайн "розумного" лічильника стали різноманітними через потреби додатків, які варіюються в різних функціональних областях.

Аналогічно, еволюція обчислювального обладнання приносить з собою гнучкість і, як наслідок, складність у конфігурації та програмному забезпеченні. Для огляду обчислювальної інфраструктури в інтелектуальному лічильнику знову доречно порівняти її з еволюцією обчислювальних пристроїв, що дозволить вказати на очевидні прогалини і втрачені можливості.

					<i>ДП.КН.8351546.061.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Системи зв'язку еволюціонували до рівня зміни парадигми. З впровадженням 4G в стільниковий зв'язок проникли досі недосліджені концепції, відкривши нові парадигми, особливо в конфігурованості і програмованості, які можна оптимізувати на льоту відповідно до основної ситуації і застосування. Інтеграція таких засобів зв'язку в "розумні" лічильники може відкрити нові перспективи в застосуванні.

Нарешті, складність базового обладнання призвела до впровадження програмних стеків для спрощення розробки та експлуатації сенсорного вузла. До них відносяться операційні системи, середовища розробки, налаштування крос-ланцюгової розробки, мови програмування і середовища виконання, бібліотеки спеціального призначення і стеки для комунікаційних протоколів, які спрощують все більш складні завдання розробки вузла на основі IoT.

Огляд таких інструментів в області розумних лічильників є виправданим через зростаючу складність і широкий спектр застосування.

1.1.1 Лічильники електроенергії

Електроенергія є найпоширенішим видом енергії, що виробляється та розподіляється для споживання в побутовому, промисловому та інших секторах завдяки простоті виробництва, розподілу та контролю, а також економії від масштабу, що діє на всіх рівнях електроенергетичного бізнесу; це також робить її одним з найдоступніших енергетичних рішень у всьому світі.

Електромережі постійно розвиваються разом з еволюцією технологій і методів виробництва, розподільчих мереж та інтеграцією обчислювальних і комунікаційних технологій в електроенергетичну екосистему, що призвело до створення сучасної концепції "розумних мереж", яка все частіше впроваджується на різних рівнях. Ця концептуальна і практична еволюція електромережі призвела до більш тісної інтеграції різних компонентів у різних сферах.

Вимірювання в мережі, розподілена генерація, впорскування реактивної потужності, стабільність і контроль мережі, згладжування піків тощо - це лише

					<i>ДП.КН.8351546.061.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

кілька прикладів такої інтеграції, яка дозволяє здійснювати тонкий контроль споживання і виробництва аж до кінцевого споживача, а потім знову до основного виробничого об'єкта, щоб оптимізувати все більш складні функції витрат, такі як мінімізація вуглецевого сліду водосховища тощо. Така тісна інтеграція та зростаюча складність призвели до ускладнення методів вимірювання для моніторингу споживання електроенергії, що призвело до появи різних типів лічильників на різних рівнях, які зараз все частіше називають датчиками інтелектуальних мереж і які включають в себе технології, що виходять за рамки простих побутових лічильників. На відміну від інших енергетичних мереж, про які йшлося раніше, швидка еволюція та міжрівнева інтеграція електроенергетичної мережі вимагає більш комплексного перегляду методів вимірювання на всіх рівнях мережі, оскільки вплив кожного вимірюваного значення може поширюватися по всій мережі, навіть до кінцевого споживача.

Щоб систематично розглянути сучасний стан речей у сфері інтелектуального зондування електромереж, потрібно почати з базових методів вимірювання струмів і напруг і рухатися в напрямку зростання складності, розглядаючи фазовий і часовий характер вимірюваних величин. Ці складнощі можуть призвести до ідентифікації даних про події, для яких існують спеціалізовані методи вимірювання.

1.2 Аналіз відомих рішень розумних лічильників електроенергії

Вуличне освітлення [13] є основним джерелом світла у ночі. Вуличне освітлення забезпечує безпеку в міській та сільській місцевості, підвищує видимість проїжджої частини. В результаті швидкого і сучасного розвитку інфраструктури в енергетичному секторі необхідна нова інноваційна технологія. Розумне світло на основі GSM підвищує ефективність завдяки використанню керованого за часом перемикачів вуличних ліхтарів, які автоматично вмикаються/вимикаються відповідно до потреб. Основною

										Арк.
										15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.КН.8351546.061.ПЗ					

перевагою цих систем є те, що вони менш затратні у впровадженні, а також мають високу масштабованість.

Система яка запропонована в [14] замінить традиційний метод зчитування показань лічильників на інтелектуальну систему обліку енергії на основі GSM з використанням IOT. Дані з датчиків автоматично надсилаються в хмару за допомогою IOT. Це дуже ефективна і недорога система, оскільки ця модель зменшує непорозуміння між користувачем і контролером. Ефективний системний підхід використовується для проектування для отримання точних вимірювань для лічильника енергії. Запобігання зловживань, це дає точний облік одиниць продукції.

В [15] запропоновано розробку та впровадження інноваційного Інтернету речей на основі інтелектуального лічильника енергії. Ця модель описує його конструкцію разом з його роботою. Це дозволить зробити лічильник зручним і точно вимірювати споживання енергії., що зменшує втрати енергії.

Робота [16] присвячена розробці розумного лічильника енергії, який використовується для моніторингу використання енергії різними додатками та надає інші функції, такі як вдосконалена система виставлення рахунків та висока точність. Лічильник може контролювати енергопостачання та використання енергії на основі вимог до навантаження та вимірювати вартість спожитої енергії. Споживач отримує чітке уявлення про своє використання та витрати.

Як зазначено в [17], система автоматично зчитує показання з лічильника енергії та надсилає їх на сервер. На стороні сервера отримуються показання, обробляються, формується рахунок за відповідними показниками та генерується pdf-файл для оплати рахунку. Цей pdf зберігається у віддаленому сервері. Необхідна інформація надсилається клієнту за допомогою SMS. Система складається з світлодіода живлення. Кожного разу світлодіод блимає. Модуль Arduino відстежує миготіння світлодіода, а підрахунок зберігається в EEPROM. Якщо модуль Arduino вимкнений, підрахунок зберігається в

					<i>ДП.КН.8351546.061.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

EEPROM і модуль Arduino перевіряє поточний день місяця. В 1 день місяця кількість блимань та ідентифікатор будуть відправлені на сервер. Модулі Arduino мають унікальний ідентифікатор. Цей ідентифікатор надсилається разом з кількістю моргань на сторону сервера. Це робиться за допомогою конфігурації з мережею, і параметри надсилаються через GSM-модуль в URL-адресу сервера. Перед тим, як потрапити на URL-адресу, на стороні сервера є база даних, яка містить всі дані про користувача. MYSQL використовується для виконання кожної операції в базі даних, таких як вставка, видалення, оновлення тощо. При введенні URL-адреси сервер перевіряє список параметрів в URL-адресі і порівнює його з базою даних, ці дані витягуються за допомогою SELECT-запиту. Після отримання даних генерується рахунок за відповідну кількість кліків. Вартість одного підрахунку вже встановлена в базі даних. Після розрахунку рахунку за відповідну кількість моргань, створіть pdf-файл для рахунку і збережіть його у віддаленому місці. Ім'я клієнта, посилання на створений pdf-файл і номер користувача, які відокремлюються за допомогою (:), надсилаються на GSM-модуль. GSM модуль витягує частину повідомлення і відправляє його користувачеві через SMS.

У цій статті [18] розумний лічильник - це електронний пристрій для вимірювання та управління споживанням електроенергії. Запропонована система замінює звичайний лічильник електроенергії на датчик Холла та ESP8266, з'єднаний з Arduino UNO для передачі даних. Дані збираються з різних домогосподарств і надсилаються безпосередньо в модуль Arduino UNO. З модуля Arduino UNO дані передаються на модуль Arduino YUN через Ethernet-шлюз ESP 8266. З модуля Arduino YUN дані зберігаються в хмарі Temboo. Користувач може отримати доступ до даних з хмари Temboo. Для цього сервер використовує дані користувача і може отримати їх за допомогою його ідентифікатора. Регулярні оновлення з сервера надсилаються користувачеві через SMS або електронну пошту. Рахунок за електроенергію генерується щомісяця і надсилається користувачеві. Якщо користувач не сплачує рахунок, підключення до електромережі автоматично переривається

						<i>ДП.КН.8351546.061.ПЗ</i>	Арк.
							17
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			

за допомогою реле. Тут датчик Холла вимірює силу струму, використовуючи теорію вимірювання струму. Фазний провід проходить через отвір датчика Холла. Коли струм проходить через фазний провід, він вимірюється за допомогою магнітного поля, що генерується. Тому різниця потенціалів називається напругою Холла. Перевагою датчика Холла є вимірювання струму без розриву системи. Споживання електроенергії на душу населення стрімко зростає зі збільшенням чисельності населення. Коли користувач стурбований рахунком за електроенергію та енергоспоживанням, є великі шанси зменшити енергоспоживання на душу населення. Ця система підвищує конфіденційність і зменшує небезпеку для здоров'я порівняно з попередніми системами.

У цій роботі [19] ZigBee - це недорогий, малопотужний стандарт бездротових мереж, заснований на комірчастій топології. Ця система базується на технології ZigBee. Споживча частина складається з лічильника енергії, мікроконтролера, РК-дисплея, датчика напруги, модуля ZigBee та блоку живлення. Мікроконтролер безперервно контролює лічильник енергії. Коли користувач змінює температуру лічильника, виявляється крадіжка, тоді сигнал про зміну температури лічильника надсилається на мікроконтролер через оптопару. Сигнал про крадіжку відображається на РК-дисплеї на стороні споживача. Мікроконтролер безпосередньо взаємодіє з модулем ZigBee. Сигнал про крадіжку надсилається на сервер через РК-дисплей модуля ZigBee, на якому відображається споживання енергії в блоці, стан живлення, статус крадіжки, щомісячний рахунок. Електрична частина складається з модуля ZigBee та персонального комп'ютера. Статус щомісячного рахунку надсилається за допомогою кнопки "надіслати рахунок". Якщо виявлено крадіжку, живлення вимикається за допомогою кнопки "вимкнути". Відновити живлення можна за допомогою кнопки "Відновити". Зв'язок відбувається бездротовим способом через модуль ZigBee.

У [20] IOT Based electricity bill generation - це технологія. Вона використовується для збору інформації з лічильника енергії та передачі її до бази даних. База даних аналізує цю інформацію для виставлення рахунків.

					<i>ДП.КН.8351546.061.ПЗ</i>	Арк.
						18
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Енергія зберігається в хімічній формі. За допомогою програмування ядра будуть зчитуватися показання з лічильника енергії. Програма ядра визначатиме стан заряду батареї і відправлятиме його на сервер через шлюз. На стороні сервера розрахований рахунок буде відправлений клієнту через браузер і GPRS-шлюз. Ця система дозволяє уникнути втручання людини в процес формування рахунків за електроенергію. Якщо користувач отримує невірну інформацію, він повинен відвідати електрощитову для її виправлення. Цих помилок можна уникнути, якщо зняти показання лічильника та відправити дані на сервер і підтримувати базу даних в режимі реального часу. Ця система дозволяє уникнути використання паперу та забезпечує швидке зняття показань лічильника. Тут ми беремо показання батареї ноутбука для порівняння. В майбутньому, можливо, буде можливо зчитувати показання безпосередньо з лічильника і відправляти дані на сервер в режимі реального часу.

У цій роботі [21] система надає бездротовий лічильник енергії на основі GSM, який пов'язаний з веб-інтерфейсом. Тут лічильник електричної енергії інтегрований з бездротовим модулем на базі GSM. Також кожна організація має віддалений доступ до використання електроенергії. З іншого боку, буде встановлений ПК з GSM-приймачем, який містить базу даних, що виступає в якості точки виставлення рахунків. Лічильник енергії на основі GSM зчитує показання лічильника в реальному часі і періодично надсилає їх до пункту виставлення рахунків, де вони оновлюються в центральній базі даних. В кінці кожного місяця кожному клієнту надсилається сума до сплати та повне місячне використання. Лічильник складається зі спеціальної мікросхеми MCP3905A, РК-дисплея, 8-бітного PIC-мікроконтролера PIC16F877 та GSM-модему. Використовується модуль RTC, який реєструє деталі використання, він рахує споживання в секундах, хвилинах, годинах, дату місяця, день тижня і рік з компенсацією високосного року, дійсною до 2100.

Відповідно до [22], тут розроблено GPMC (GSM-лічильник електроенергії та система управління), яка складається з інтеграції

					<i>ДП.КН.8351546.061.ПЗ</i>	Арк.
						19
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

однофазного цифрового лічильника електроенергії кВт-год, що відповідає стандарту ІЕС61036, який відповідає стандарту. Ця система відстежує показання лічильника енергії кожного дня. Кожному лічильнику надається унікальний ідентифікатор, який пов'язаний з унікальним ідентифікаційним номером мобільного телефону клієнта. Таким чином, показання з ідентифікаційним номером користувача надсилаються до відділу управління електроенергією, а також користувачеві. Також система електронних рахунків за електроенергію пов'язана з відділом електроенергетики, і вона буде відслідковувати SMS, показання лічильника та згенеровані рахунки. В кінці кожного місяця розрахований рахунок надсилається відповідному користувачеві з сервера. Система управління розподілом електроенергії, яка контролює потужність електроприладів, також встановлена в GPMС. Система надає показання лічильника в будь-який час за запитом клієнта. Система забезпечує потужний та ефективний інструмент для оцінки та прогнозування. Це зменшить небажане споживання електроенергії і є дуже економічно ефективним методом.

В[23] мікроконтролер АТmega328Р та система обліку енергії на основі GSM виявляє та контролює лічильник енергії від крадіжки енергії та вирішує цю проблему шляхом дистанційного повторного підключення та відключення лінії перитичного споживача. У більшості випадків крадіжка електроенергії є важливою проблемою, оскільки зі збільшенням населення зростає споживання електроенергії. Тому комунальні підприємства в електроенергетичній системі знищують загальну суму доходу через крадіжки енергії. Тут однофазний цифровий лічильник енергії використовує датчик струму і датчик напруги для оцінки кількості кВт-год, спожитих навантаженням. Під час будь-якого несанкціонованого втручання або доступу до мережі будь-який з цих датчиків дасть нульовий результат, а також добуток струму та напруги також буде нульовим, що призведе до відсутності енергії, виміряної лічильником електроенергії. Тут твердотільне реле (SSR) використовується для відключення та повторного підключення лінії живлення. Arduino безперервно

					<i>ДП.КН.8351546.061.ПЗ</i>	Арк.
						20
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

відстежує значення в датчиках напруги і струму відповідно, після чого вони відображаються на РК-дисплеї. Ця система дає переваги як апаратному забезпеченню, так і утиліті та користувачеві.

У [24] система використовує технологію GSM для автоматизації лічильника енергії. GSM є ефективною технологією, оскільки вона дає хороший діапазон для ефективної передачі даних і може бути додана велика кількість користувачів. У цьому випадку показання лічильника автоматично зчитуються і передаються до пункту виставлення рахунків через GSM. Потім відповідні рахунки розраховуються в одиницях виміру, і вони надсилаються відповідному користувачеві в потрібний час. Цифровий GSM-лічильник електроенергії встановлюється на кожній одиниці споживача. Він працює в цифровому режимі і показує струм, потужність, напругу на РК-дисплеї. Коли подається навантаження, пристрої з електричним живленням споживають певну кількість струму. Він автоматично вимірюється датчиком, і виміряні одиниці струму можуть бути надіслані в точку виставлення рахунків, що також відображається на РК-дисплеї.

Утиліта [25] описує застосування вимірювача потужності з використанням конструкції високочутливого електронного датчика струму. Основою датчика є низькопроникний матеріал сердечника з трансформатором струму, що дає допуск, який також забезпечує несприйнятливості до потужних магнітних полів постійного струму. Для налаштування трансформатора використовується чутлива обмотка зі змінним потоком і вторинна обмотка зворотного зв'язку по напрузі. Похибка через струм намагнічування, який буде високим при низькопроникному осерді, буде зведена до мінімуму. Тут не потрібні ні зазори між осердями, ні датчик ефекту Холла. Це недороге рішення, оскільки ми поєднуємо його з простою аналоговою електронною схемою. Інтелектуальне управління навантаженням і утиліта обліку електроенергії з відповідною конструкцією датчика струму. Обмотка датчика зміни потоку і вторинна обмотка, яка контролює напругу намагнічувальної гілки і похибку намагнічувального струму.

										Арк.
										21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП.КН.8351546.061.ПЗ

У [26] зазначено, що кількість невідновлюваних енергетичних ресурсів, доступних на Землі, обмежена. У зв'язку з цим ми потребуємо шляхів для ефективного використання енергії, з цією метою була введена концепція SMART ENERGY. Для майбутнього використання енергії потреба в таких концепціях, як SMART ENERGY, є критично важливою. У цій статті представлено огляд інтелектуальних лічильників електроенергії. У ньому приділяється увага основним аспектам, таким як процес обліку, зацікавленість різних зацікавлених сторін та мета цієї концепції. Документ також дає уявлення про важливість хмарних середовищ. Незважаючи на те, що ці концепції мають деякі негативні наслідки, в майбутньому вони стануть способом життя для всіх за допомогою опитування, проведеного і обговореного в цій статті, воно допомагає виявити поточні обмеження в інтелектуальному обліку.

1.3 Постановка задачі

Виходячи з концепції розумної енергетики ми стоїмо на порозі повної інтеграції з розумними пристроями. Концепція розумного розподілення енергії та споживання тільки починає розвиватись в Україні, і тому розробка простого та дружнього до користувача розумного лічильника є актуальною задачею.

На основі проведеного аналізу апаратно-програмний застосунок інтелектуального лічильника енергії на основі Інтернету речей повинна складатись з трансформатора, мостового випрямляча, стабілізатора напруги, датчика струму, бажано неінвазивного та мікроконтролера для зберігання проміжних даних, ведення статистики, відправки даних на сервер.

Для візуального контролю окремо від застосунку потрібен РК-дисплей підключений до мікроконтролера через мікросхему I2C. Робоче та вимірюване живлення 230 В

					<i>ДП.КН.8351546.061.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Зібрані дані з сенсора мають передаватись на мікроконтролер. Конкретний ідентифікатор користувача та пароль користувача повинні зберігатись за допомогою програмування в контролері таким чином, що тільки аутентифікований користувач може бачити дані конкретного ідентифікатора користувача. Для зберігання даних і представлення їх в інтернеті потрібна безкоштовна платформа (наприклад Blynk.io).

Метою дипломної роботи є розробка програмно-апаратного застосунку "Розумний лічильник електроенергії" з метою підвищення ефективності аналізу енергоспоживання домогосподарств, будинків, цехів та ін.

Для досягнення мети потрібно вирішення такі завдань:

1. Проаналізувати концепцію розумної енергії
2. провести аналіз відомих рішень розумних лічильників електроенергії
3. Висунути вимоги до застосунку
4. Розробити архітектуру модуля
5. Розробити алгоритмічне забезпечення модуля
6. Провести інформаційне проектування модуля
7. Провести аналіз і підбір апаратного і програмного забезпечення
8. Розробити основні програми модулів
9. Провести тестування застосунку

					<i>ДП.КН.8351546.061.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

2 РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО ЗАСТОСУНКУ "РОЗУМНИЙ ЛІЧИЛЬНИК ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ"

2.1 Архітектура модуля

Як видно з блок-схеми запропонованої архітектури (рисунок 2.1), секція споживача містить інтелектуальний лічильник, який містить різні модулі, що працюють разом для розрахунку споживання енергії, а також автоматично передають розраховану інформацію до секції постачальника послуг, а також споживачеві.

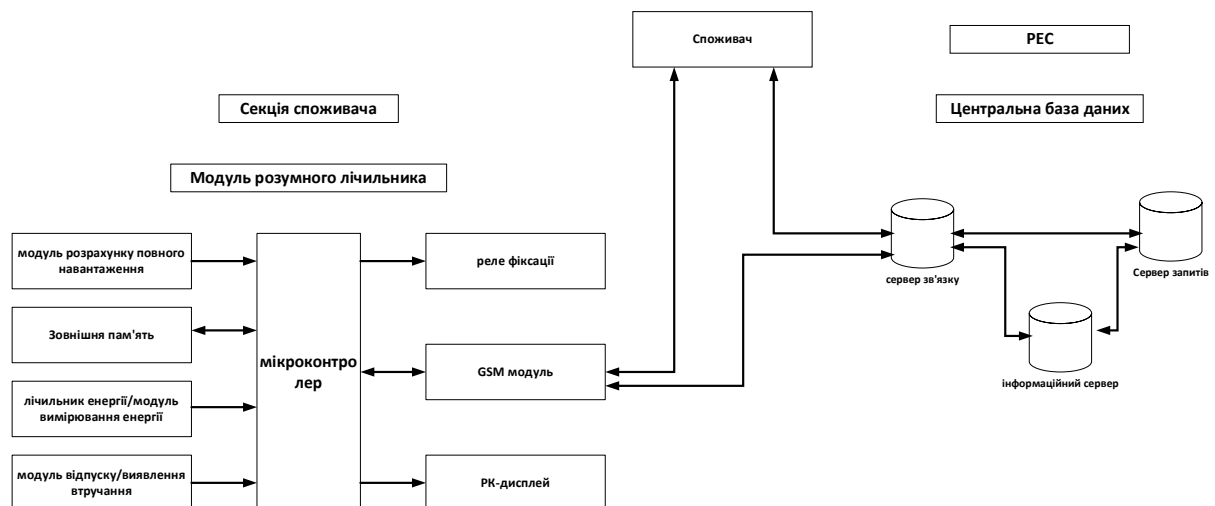


Рисунок 2.1 – Архітектура модуля

Для виконання такої роботи ця секція потребує деяких важливих компонентів для двостороннього зв'язку між двома секціями.

Першим з них є мікроконтролер який є найважливішим компонентом у запропонованій конструкції, оскільки всі інші модулі підключаються до нього і він відповідає за контроль всієї інформації, що надходить до нього від різних модулів.

Для введення даних до мікроконтролера використовується різне програмне забезпечення, таке як LABVIEW, C++.

До мікроконтролера додається EEPROM (електрично очищувана програмована пам'ять тільки для читання), оскільки це енергонезалежна пам'ять, яка здебільшого використовується в електронних пристроях для зберігання невеликих обсягів даних [27].

Крім того, RTC (Real Time Clocking) використовується у вбудованих системах для збереження поточного стану часу [28]. Існує ще один модуль, який розраховує загальне навантаження, що використовується споживачем за один раз, і надсилає ці дані на мікроконтролер, за допомогою якого постачальник послуг може керувати системою управління електричним навантаженням.

Оскільки прилади для вимірювання струму, напруги та потужності також приєднані до мікроконтролера, за допомогою цих модулів розраховуються загальні одиниці енергії, які зберігаються в базі даних.

У прототипі використовується 3G або 4G модем, оскільки він є повним чотиридіапазонним 3/4/GPRS рішенням в модулі інтелектуальної технології вимірювання, який може бути вбудований в додатки клієнта.

За допомогою модуля визначення температури мікроконтролер безперервно вимірює різницю напруги та струму і сигнал від важеля, прикріпленого до корпусу лічильника енергії. Таким чином, за допомогою цього модуля мікроконтролер виявляє зміну температури та крадіжку. РК-дисплей, використовується для відображення даних, що надаються мікроконтролером.

2.1.1 Технологія "точка-точка":

"Розумні" лічильники - це електронні вимірювальні прилади, які використовуються комунальними підприємствами для передачі інформації для виставлення рахунків споживачам, відстеження та обліку споживання електроенергії споживачами та експлуатації їхніх електричних систем.

Завдяки тому, що "розумні" лічильники автоматично надсилають дані постачальнику електроенергії, немає необхідності встановлювати лічильник

									Арк.
									25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.КН.8351546.061.ПЗ				

за межами приміщення споживача. Розміщення лічильників у гаражі або іншому приміщенні забезпечило б набагато більш захищене місце і сприяло б безпеці "розумної" мережі. Це вимагало б переміщення або подовження терміналу лінії електропередач з їх звичайного місця розташування всередину приміщення, що призвело б до значних витрат і, швидше за все, було б невідомим для будь-яких масштабних проектів "розумних" мереж.

Насправді, для будь-яких нових будинків, побудованих в районах з існуючою інфраструктурою "розумних" лічильників, це може бути корисним варіантом. Дані можна надсилати бездротовим способом до точки доступу на електроопори або через зв'язок по низьковольтних лініях електропередач.

Велика кількість даних "розумних" лічильників може бути зібрана на підстанції, а потім надіслана назад до енергопостачальної компанії.

2.1.2 Апаратний дизайн

Розумний лічильник складається з чутливих схем і може підтримувати численні протоколи зв'язку. Крім того, в конструкцію інтелектуального лічильника включені схеми зондування та захисту ланцюгів, в яких резистори, природно, є фундаментальною частиною електронної конструкції. Вимірювання дохідного класу AFE покладаються на точність послідовних резисторів для відбору проб струму.

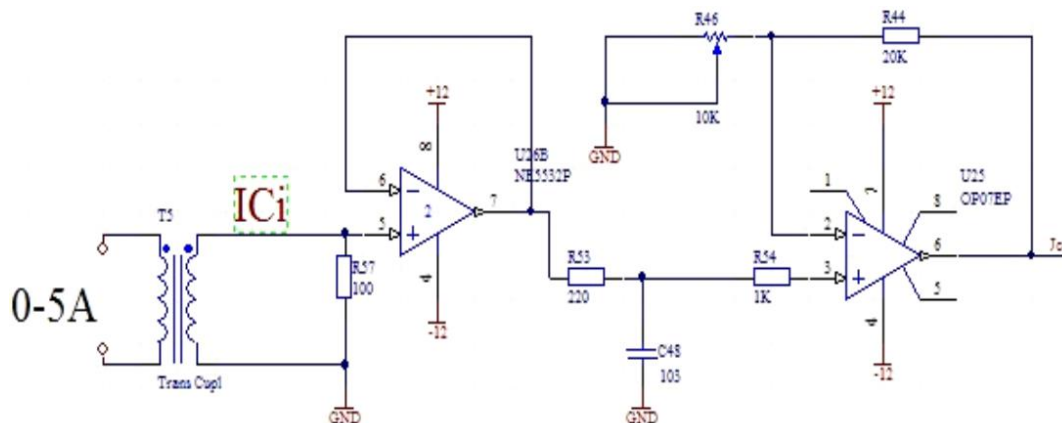


Рисунок 2.2 - Схема вибірки струму

						ДП.КН.8351546.061.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			26

Повна реалізація включає зв'язок по лінії електропередач з лічильником електроенергії та малопотужний бездротовий зв'язок від лічильника електроенергії до інших комунальних лічильників.

У першому сценарії передбачено два сценарії зв'язку: прийомопередавач комунальної мережі (фізичний елемент, який з'єднує лічильник з каналами зв'язку, що ведуть назад до комунальної мережі) буде знаходитися в домені комунальної мережі, тоді як прийомопередавач домашньої мережі (HAN) (фізичний елемент, який з'єднує лічильник з каналами зв'язку в будинку) буде знаходитися в домені споживача. Другий сценарій дозволяє прямий доступ постачальника до пристроїв, що належать споживачам.

2.1.3 Джерело живлення

Імпульсний блок живлення забезпечує живлення електроніки в лічильнику, перетворюючи напругу змінного струму (AC) з основної мережі в необхідну напругу постійного струму (DC). Перемикач вмикає резервний AC/DC від акумулятора лише тоді, коли відсутнє живлення від основної мережі. Під час нормальної роботи акумулятор залишається ізольованим від енергосистеми.

Для лічильника електроенергії живлення для електроніки можна отримати від однієї 3-фазної лінії електропередач. Для інших комунальних послуг лічильник має бути або підключений до джерела живлення, або використовувати внутрішню батарею.

2.1.4 Обчислювальний вузол

Мікроконтролер має центральне значення в конструкції інтелектуальних лічильників. Існує кілька можливих рівнів інтеграції з іншими функціональними блоками в системі. Двочипова архітектура інтелектуального лічильника ілюструє три можливі архітектури інтелектуального лічильника, які включають в себе аналоговий вхідний модуль (AFE), АЦП і цифровий сигнальний процесор (DSP). Перший варіант - це рішення з двома

					<i>ДП.КН.8351546.061.ПЗ</i>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мікросхемами, що забезпечує гнучкість для модернізації системи. Другий - однокристальне рішення з тісною інтеграцією апаратного і програмного забезпечення, що робить його менш гнучким для модернізації або модифікації.

Оскільки вимоги до комунальних послуг зростають, просування все більшої кількості інтелектуальних функцій, таких як реагування на попит на навантаження, управління тарифами, зв'язок та інші, може вимагати від метрологічної організації кваліфікації та ізоляції від решти функцій. Для прикладного рівня інтелектуального лічильника електроенергії може знадобитися додатковий функціональний блок до первинного. MCU зазвичай вимагає великої кількості вбудованої флеш-пам'яті та можливостей підключення.

2.1.5 GSM/GPRS/3G/4G

Трансиверний зв'язок може бути досягнутий за допомогою різних технологій і стандартів. Зв'язок між комунальним підприємством і споживачем буде здійснюватися через GSM/GPRS/3G/ мережу за допомогою GSM/GPRS/3G/ модуля.

2.2 Алгоритмічне забезпечення застосунку

Наступна блок-схема на рисунку 2.3 показує повну роботу прототипу лічильника енергії та демонструє, як починається кожен крок роботи лічильника.

З блок-схеми видно, що кожного разу, коли лічильник починає роботу, він повинен виконати певний базовий крок для того, щоб надати початкову інформацію постачальнику та споживачу енергії, яка включає зчитування даних з EEPROM, виміряні значення струму, напруги та потужності в реальному часі з модуля вимірювання електроенергії.

					<i>ДП.КН.8351546.061.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Після отримання даних з EEPROM і модуля вимірювання енергії, мікроконтролер відправляє ці дані постачальнику послуг і споживачеві, а також відображає ці дані на рідкокристалічному дисплеї.

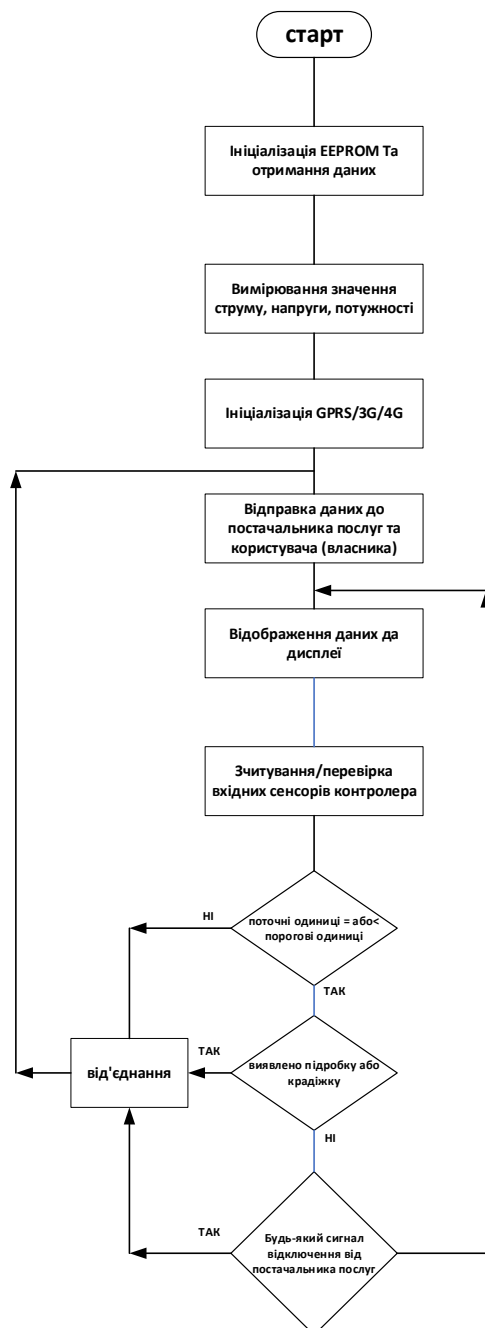


Рисунок 2.3 - Блок-схема алгоритму повної роботи прототипу розумного лічильника енергії

Після цього контролер виконує різні типи перевірок, щоб з'ясувати, чи дорівнюють наявні одиниці споживача або менші, ніж попередньо виділені

йому одиниці, і якщо це так, то він виконує інші перевірки, в іншому випадку він автоматично відключає живлення споживача і відправляє інформацію постачальнику послуг і споживачеві.

Далі контролер виконує ще одну перевірку - це перевірка на температуру або виявлення крадіжки (несанкціонований доступ), яка перевіряє, чи виявлено температуру, якщо так, то він також автоматично відключає живлення і надсилає дані, а також відображає на РК-дисплеї повідомлення "ВИЯВЛЕНО КРАДІЖКУ".

Якщо не виявлено нічого, контролер перевіряє, чи давав постачальник послуг команду на відключення або повторне підключення живлення, чи ні.

Перш за все, коли лічильник запускається, мікроконтролер автоматично вмикає GSM/GPRS/3G/ -модем і переводить його в режим зчитування для зчитування будь-якої інформації, переданої в його перше місцезнаходження.

Він зчитує поточні значення напруги, струму, потужності, енергії, поточні одиниці, а також передплачені одиниці з підключеного до нього лічильника енергії/модуля вимірювання енергії, а також відображає ці значення на РК-дисплеї процес якого показано на рисунку 2.4.

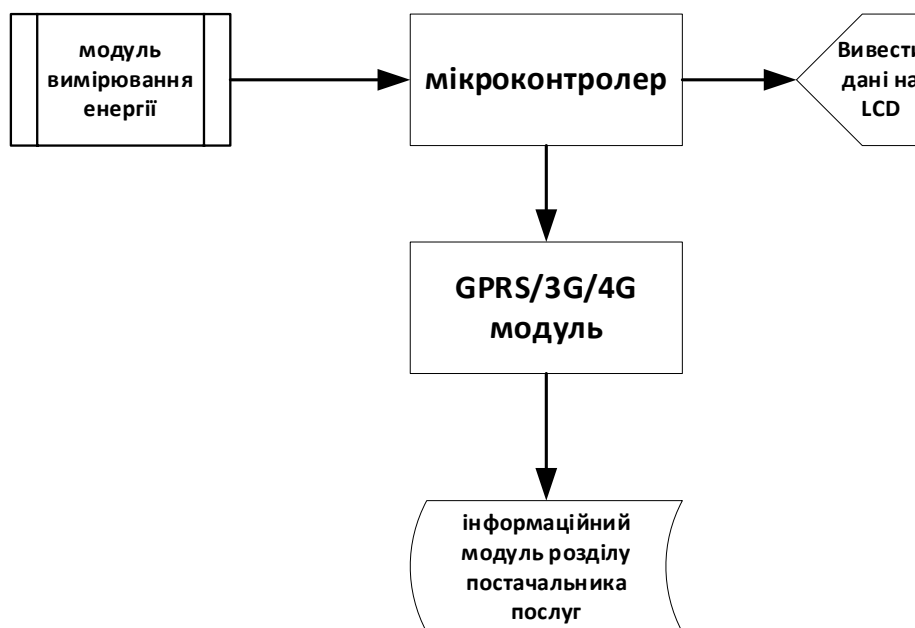


Рисунок 2.4 - Запуск розумного лічильника

Після ввімкнення, GSM/GPRS/3G/4G модем надсилає постачальнику послуг повідомлення про те, що лічильник увімкнено, ця інформація надається у наступних кодах. Кожні 30 секунд модем зчитує з контролера інформацію про поточні одиниці та значення передплачених одиниць і надсилає її постачальнику послуг у вигляді текстового повідомлення.

2.2.1 Попередньо оплачений рахунок

Попередньо оплачене виставлення рахунків є ще однією важливою функцією в системі обліку, тут, якщо значення поточних одиниць досягає значення передплачених одиниць, тоді лічильник автоматично відключить навантаження через фіксуюче реле, прикріплене до контролера для підключення та відключення живлення.

Лічильник буде відключати живлення до тих пір, поки постачальник послуг не завантажить нові одиниці на лічильник через модем. На рисунку 2.5 показано блок-схему процесу передоплати для інтелектуального лічильника електроенергії.

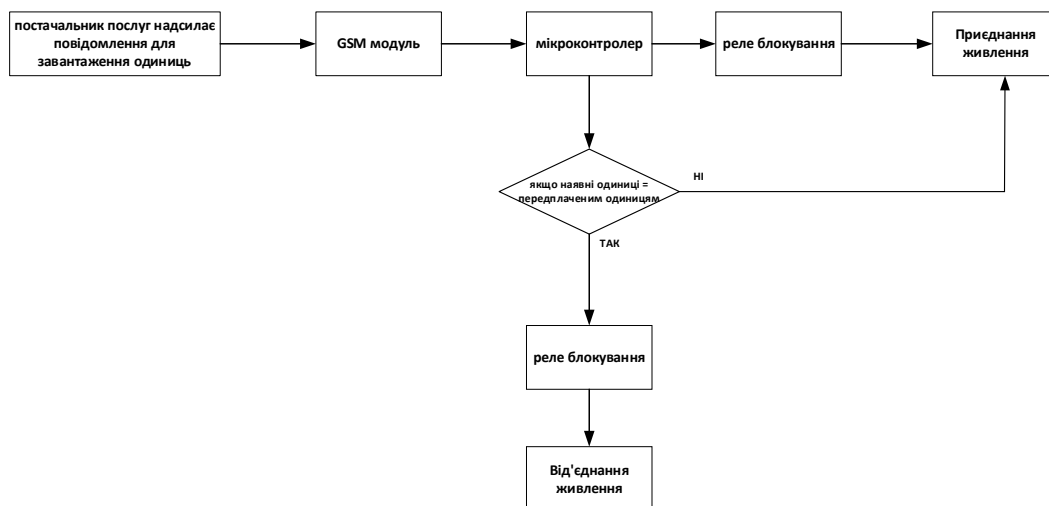


Рисунок 2.5 - Блок-схема процесу передплаченого розрахунку

Коли GSM-модем отримує цю інформацію від постачальника послуг, він відображає текст "дійсне повідомлення" і автоматично надсилає сигнал на реле фіксації, яке потім знову підключає навантаження. Навантаження

споживача буде відключено до тих пір, поки постачальник послуг не надішле на модем повідомлення, про нове значення передплачених одиниць.

Потім мікроконтролер зчитує інформацію, надану постачальником послуг, і посилає сигнал на реле блокування для відключення живлення споживача. Аналогічно, якщо постачальник послуг хоче знову підключити навантаження споживача, то повідомлення буде надіслано на мікроконтролер через GSM модуль.

2.2.2 Виявлення несанкціонованого доступу

Особливістю, розумних лічильників енергії, є виявлення крадіжки та відпуску, що пояснюється на блок-схемі на рисунку 2.6.

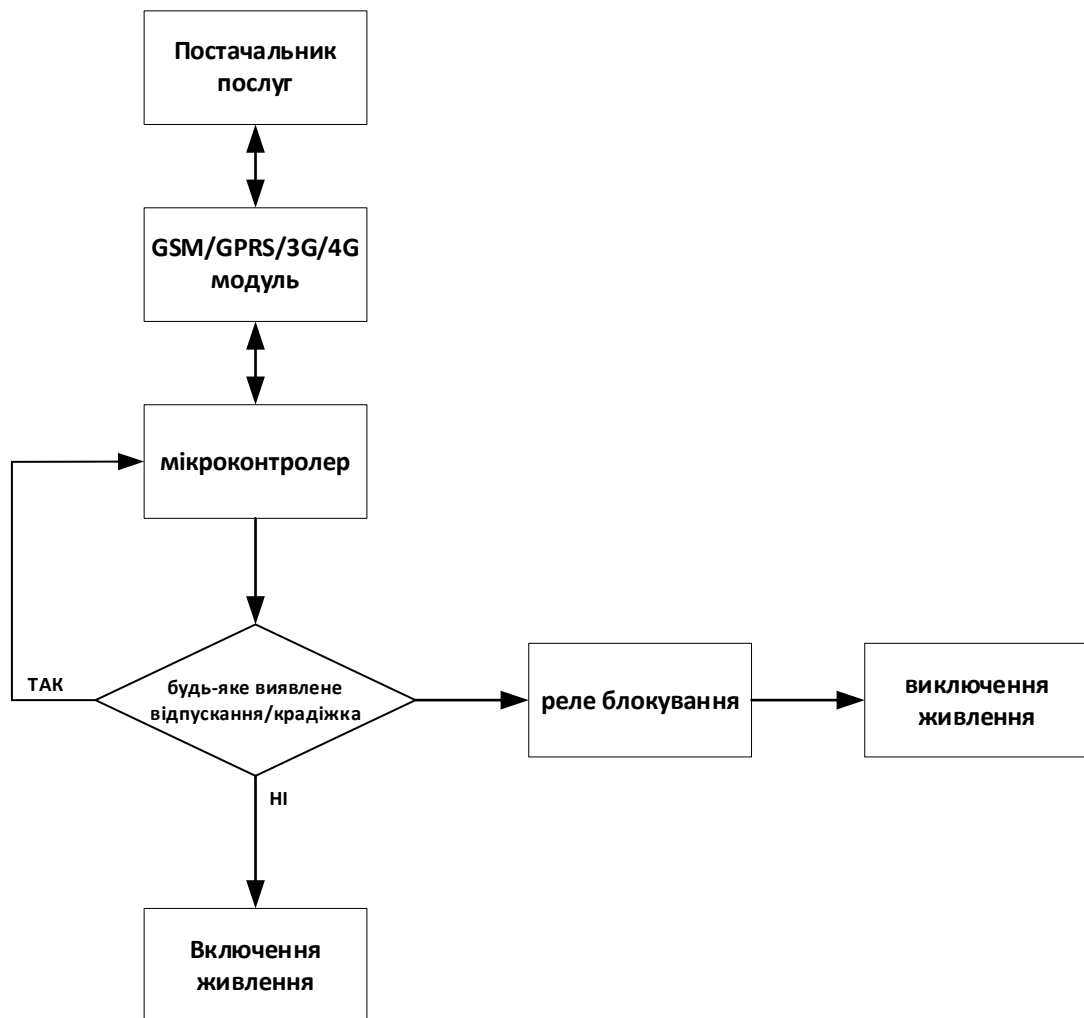


Рисунок 2.6 - Блок-схема для виявлення втручання

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.КН.8351546.061.ПЗ

Арк.

32

Це означає, що якщо хтось намагається обійти лічильник або причетний до крадіжки електроенергії, а також якщо хтось намагається розпломбувати лічильник енергії, то мікроконтролер автоматично відключить навантаження цього споживача і відобразить текст "крадіжку виявлено, зв'яжіться з органом влади", а також відправить повідомлення постачальнику послуг через GSM/GPRS/3G/4G модем, повідомлення, яке відправляється постачальнику послуг.

Для виявлення відпуску всередині запропонованої конструкції лічильника має бути передбачено важільний перемикач, коли хтось намагається відкрити корпус лічильника, важільний перемикач буде відключений, також якщо хтось намагається обійти лічильник, змінивши фазну лінію, ці зміни в стані важільного перемикача та зміна фазного струму лічильника виявляються контролером, а потім відключається живлення споживача. Навантаження споживача залишатиметься відключеним до тих пір, поки споживач не усуне всі види втручання.

2.3 Інформаційне забезпечення застосунку

2.3.1 Проектування бази даних інтелектуального лічильника

База даних модуля розроблялась виходячи з потреб мпоживача і являє собою графічний мовний механізм об'єктів даних та їх взаємозв'язків. При проектуванні системи управління базами даних, відповідно до потреб користувачів, складаючи загальну структуру бази даних і проектуючи реляційну модель системи баз , потрібно повністю враховувати універсальність і стандартизацію моделі.

Впровадження бази даних системи зчитування лічильника електроенергетичної компанії стосується створення таблиць бази даних та щоденної експлуатації та обслуговування, головним чином для щоденного обслуговування та оптимізації бази даних інтелектуальної системи зчитування

					<i>ДП.КН.8351546.061.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

лічильників після реалізації, включаючи оптимізацію, розширення або заміну структури бази даних, що представляє її об'єкти та атрибути.

Дизайн бази даних та логічної структури системи зчитування лічильників показано на рисунку 2.7.



Рисунок 2.7 - База даних та логічна структура інтелектуальної системи зняття показань з лічильників.

База даних та логічна структура інтелектуальної системи зчитування лічильників в основному включає в себе модуль оператора, модуль управління операціями та модуль обслуговування даних.

Модуль оператора в основному виконує функції запису та управління оператором, а також підвищує безпеку системи зчитування лічильників завдяки ефективним заходам входу в систему.

Модуль управління операціями в основному реалізує функції управління даними, такі як управління ролями, управління журналами та управління SMS.

Робота модуля обслуговування даних в основному управляє надходженням і відтоком даних, реєструє різні операції кожного оператора, а

також реєструє кількість, назву, кількість слів, зміст та інші завдання даних, отриманих з лічильника.

Показники безпеки бази даних інтелектуальної системи зчитування лічильників відносно високі. Коли одна і та ж база даних використовується декількома користувачами одночасно, цілісність бази даних не буде пошкоджена. Використання бази даних для зберігання даних системи зчитування лічильників може надійно забезпечити безпеку даних

2.3.2 Бізнес-модель "розумного лічильника", орієнтована на споживача

Наразі лічильник електроенергії споживача вимірює лише сукупне споживання, що базується на споживанні різних контурів, а отже, і приладів у кожному будинку. Дані щорічно передаються споживачем по телефону, Інтернету, поштою або технічним спеціалістом.

Цей сценарій є сценарієм "як є", де інтелектуальні та комунікаційні можливості не реалізовані в лічильнику або в приладах, наявних у домогосподарстві. Цей сценарій слугує еталоном, з яким можна порівнювати всі інші сценарії. Щоб запропонувати послугу інтелектуального обліку кінцевому споживачеві, існуючий потік послуг з постачання електроенергії повинен бути розширений двома додатковими потоками, а саме: телекомунікаційним потоком і потоком даних.

Ці розширення існуючої мережі цінності на рівні домогосподарств представлені на рисунку 2.8. В діаграмі не показано вищих рівнів (телекомунікаційна інфраструктура для телекомунікаційного потоку, центральний сервер управління зі сховищем даних та можливостями комутації інтелектуальних лічильників, а також апаратні та програмні розробки для потоку даних) в моделі.

Таким чином, для переходу від сценарію "як є" до сценарію "як буде" необхідно внести дві важливі зміни до фактичного технічного оснащення. Перше розширення - це впровадження механічного лічильника з комунікаційним модулем, що забезпечує двосторонній зв'язок між

										Арк.
										35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП.КН.8351546.061.ПЗ

використані для візуалізації моделей споживання та виробництва в усіх цих умовах.

Разом з цією загальною бізнес-моделлю вводяться чотири різні сегменти споживачів, які з'являться на майбутньому енергетичному ринку, а саме: інформація, обізнаність, керівництво та автоматизація [SmartE].

На існуючому енергетичному ринку реалізується лише інформаційний сценарій. Щомісяця споживачі отримують разом з рахунком за електроенергію та деяку додаткову інформацією про склад поставленої електроенергії.

Щороку вони отримують інформацію про своє споживання та оцінку майбутньої динаміки споживання. Споживачі можуть отримати додаткову інформацію, шукаючи її в Інтернеті та порівнюючи тарифи енергопостачальників. Усі споживачі поділяються на цей сегмент.

З впровадженням розумних лічильників з'являться три додаткові сегменти, засновані на зростаючому інтелекті розумних лічильників. У сегменті обізнаності споживачі не лише шукають інформацію, але й краще усвідомлюють власне енергоспоживання, відстежуючи щоденне загальне споживання або більш детальне споживання за контуром чи приладом, використовуючи рішення для сублічильників.

Теоретично, для цього сегменту немає необхідності в застосуванні інтелектуальних лічильників, але це вимагало б від споживача вручну перевіряти свої (суб)лічильники. Встановлення інтелектуального лічильника може значно підвищити зручність користування, дозволяючи споживачеві перевіряти структуру споживання на домашньому дисплеї або на веб-платформі. У різних дослідженнях було показано, що підвищення обізнаності кінцевого споживача вже зменшує його споживання енергії [Ofgem].

Сценарій настанов є більш орієнтованим на майбутнє. На додаток до "розумного" лічильника споживачі користуються інтелектуальною системою, яка відстежує їхнє енергоспоживання і пропонує поради на основі зібраних даних. Рекомендації можуть полягати в порівнянні загального споживання домогосподарства з аналогічними споживачами, подачі сигналів, коли

					<i>ДП.КН.8351546.061.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

електроприлади ще ввімкнені до того, як споживач вийде з дому, або порад, коли найкраще використовувати електроприлади, виходячи з поточного тарифу на електроенергію.

Сегмент автоматизації є найбільш орієнтованим на майбутнє. Домівки споживачів автоматизуються за допомогою інтелектуальної системи, яка відстежує споживання енергії та поведінку. У поєднанні з сигналами, отриманими від центральної системи, інтелектуальна система може приймати рішення про ввімкнення або вимкнення приладів. Це контрастує з попередніми сценаріями, де споживач все ще був відповідальним за дії на основі сигналів, які він отримував від центральної системи. Автоматизація може бути настільки простою, як автоматичне вимкнення світла, коли в приміщенні немає людей, до інтелектуальних схем завантаження електромобіля на основі вартості електроенергії, виробництва сонячної енергії домогосподарствами та обмежень розподільчої мережі.

Така сегментація споживачів дозволяє провести більш реалістичний майбутній аналіз впровадження "розумних" лічильників.

Вже зазначалося, що вплив "розумних" лічильників на економічне обґрунтування для кінцевого споживача не буде однаковим для всіх користувачів. Деякі споживачі, здебільшого з меншим споживанням енергії, можуть отримати найбільшу вигоду від обізнаності. Витрати на встановлення додаткових інтелектуальних засобів у їхніх будинках не будуть компенсовані фінансовою вигодою від зменшення споживання енергії. З іншого боку, для великих споживачів енергії перехід до автоматизованої системи може бути більш вигідним, ніж просте інформування.

					<i>ДП.КН.8351546.061.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

3 ПРОГРАМНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО ЗАСТОСУНКУ "РОЗУМНИЙ ЛІЧИЛЬНИК ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ"

3.1 Аналіз програмного та апаратного забезпечення застосунку

Сьогодні дуже часто використовуються ESP8266, ESP32 або будь-які інші модулі Wi-Fi для бездротової передачі даних з датчиків в Інтернет. Таким чином, в дію вступає Wifi, а отже, потрібне Wifi з'єднання для бездротового зв'язку з будь-яким сервером.

Але недоліком використання Wifi є те, що він доступний не скрізь. Сигнал Wi-Fi обмежений певними місцями і певним діапазоном до декількох метрів. Наприклад, для того, щоб використовувати IoT-зв'язок і отримувати дані з фермерських полів, не можливо покластись на Wifi через його недоступність. Так само ліс, прибережна зона, гори - це зони, де Wi-Fi з'єднання недоступне.

Таким чином, GSM GPRS та 3G є єдиною альтернативою, що залишилася відповідно до поточного сценарію і поточної технології. GSM GPRS модуль дозволяє додавати до додатку відстеження місцезнаходження, передачу голосу, тексту, SMS та даних. Великою перевагою GSM/GPRS-зв'язку є те, що він охоплює велику територію і сигнал/зв'язок доступний майже скрізь.

Отже, в цьому проєкті акцент на комунікаційному модулі буде ставитись на GSM GPRS-модулях, тобто стільниковий IoT.

В якості такого модуля було обрано SIM900A (рисунок 3.1) в якості еталонного GSM GPRS-модуля і підключення його до плати Arduino.

Буде вимірюватись енергоспоживання приладів. Дані будуть відправлені на сервер Blynk сервер за допомогою AT-команд для GSM-модуля. Сервер Blynk - це відкрита платформа даних і API для Інтернету речей

									Арк.
									39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП.КН.8351546.061.ПЗ



Рисунок 3.1 - GSM/GPRS модуль SIM900A

SIM900A - це легкодоступний GSM/GPRS-модуль, який використовується в багатьох мобільних телефонах і КПК. Модуль також може бути використаний для розробки IoT (Інтернет речей) і вбудованих додатків.

Працює на частотах 900/ 1800 МГц. Модем оснащений інтерфейсом RS232, який дозволяє підключати як ПК, так і мікроконтролер з мікросхемою RS232 (MAX232).

Швидкість передачі даних налаштовується в діапазоні 9600-115200 за допомогою команди AT. GSM/GPRS модем має внутрішній стек TCP/IP для підключення до Інтернету через GPRS. Він підходить для передачі SMS, голосових повідомлень, а також для передачі даних в інтерфейсі M2M.

Вбудований регульований блок живлення дозволяє підключати широкий спектр нерегульованих джерел живлення. Використовуючи цей модем, можна здійснювати та приймати аудіовиклики, надсилати та читати

									Арк.
									40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.КН.8351546.061.ПЗ				

SMS, користуватися GPRS-інтернетом тощо за допомогою простих AT-команд.

Характеристики GSM/GPRS модему SIM900A

1. Вхідна напруга: 12 В постійного струму
 2. Підтримує мікрофон, аудіовхід та динаміки
 3. Двodiaпазонний GSM/GPRS 900/ 1800 МГц
 4. Інтерфейс RS232 для прямого зв'язку з комп'ютером або комплектом MCU
 5. Швидкість передачі даних, що налаштовується
 6. Дротова антена (роз'єм SMA з GSM-антеною опціонально)
 7. Власник SIM-карти
 8. Вбудований світлодіодний індикатор стану мережі
 9. Вбудований стек протоколів TCP/IP для передачі даних через Інтернет
- DATA GPRS: максимальна швидкість передачі даних на завантаження 85,6 Кбіт/с, максимальна швидкість передачі даних на вивантаження 42,8 Кбіт/с

Схема/з'єднання між GSM модулем Arduino представлено на рисунку 3.2.

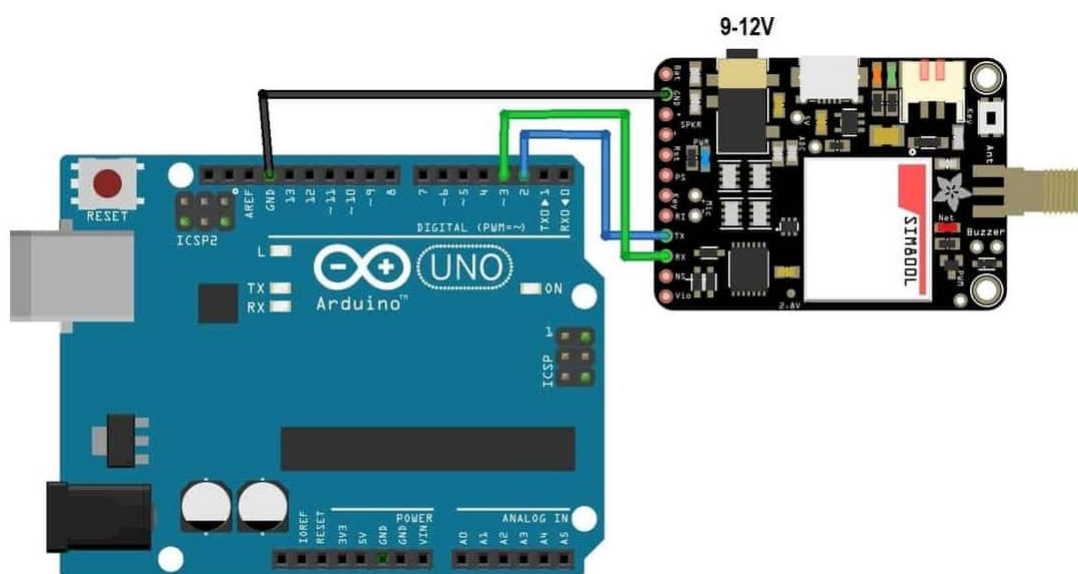


Рисунок 3.2 – Підключення модуля

									Арк.
									41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.КН.8351546.061.ПЗ				

Багато проектів на основі Arduino могли б значно виграти від зберігання даних на платі для розробки.

На жаль, більшість плат Arduino мають лише мінімальні можливості для зберігання даних, які можуть містити кілька змінних в енергозалежній пам'яті або кілька байт у вбудованому EEPROM. Тому зберігання лог-файлів, звукових семплів або зібраних відеоданих неможливе без додавання певної форми зовнішньої пам'яті.

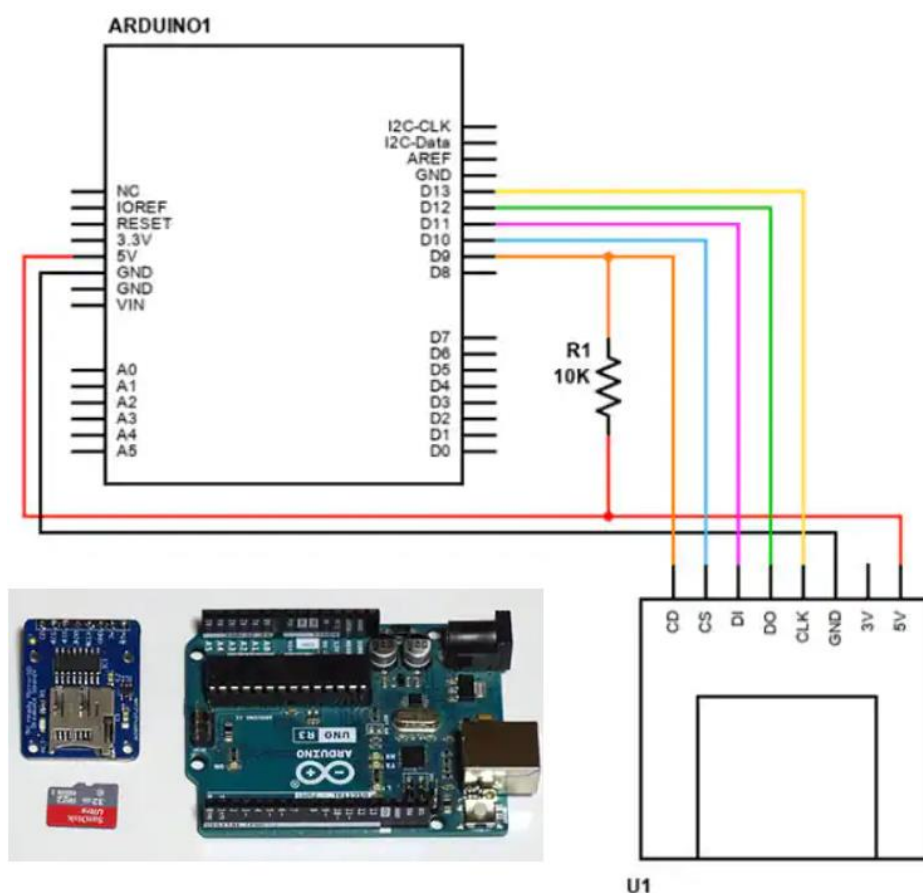


Рисунок 3.3 – Підключення зовнішньої пам'яті для лічильника

Обираючи зчитувач SD-карт для проекту, слід пам'ятати про декілька речей. По-перше, треба звертати увагу на фізичний розмір пристрою.

Найчастіше можна обрати між стандартними карт-рідерами SD і карт-рідерами microSD, які зазвичай менші за розміром.

Карти microSD - це пристрої з напругою живлення 3,3 В, і вони чутливі до перенапруги або коливань рівня напруги. Крім того, для роботи пристрою зберігання даних може знадобитися кілька сотень міліампер.

Крім того, потрібно форматувати SD-карти перед використанням, щоб виключити можливі проблеми, які можуть виникнути через неправильно відформатовану карту. Більшість бібліотек Arduino SD підтримують принаймні FAT16 і FAT32.

3.1.1 Сенсор SCT-013

Це неінвазивний струмовимірювальний датчик (рисунок 3.4) з розщепленим сердечником, призначений для вимірювання змінного струму до 100 ампер. Цей тип датчиків струму широко відомий як трансформатор струму (ТС) і використовується для вимірювання змінного струму в будівлі.

SCT-013 зручний у використанні, оскільки його можна легко прикріпити як до струмоведучого, так і до нульового проводу без будь-яких електромонтажних робіт, пов'язаних з високою напругою.

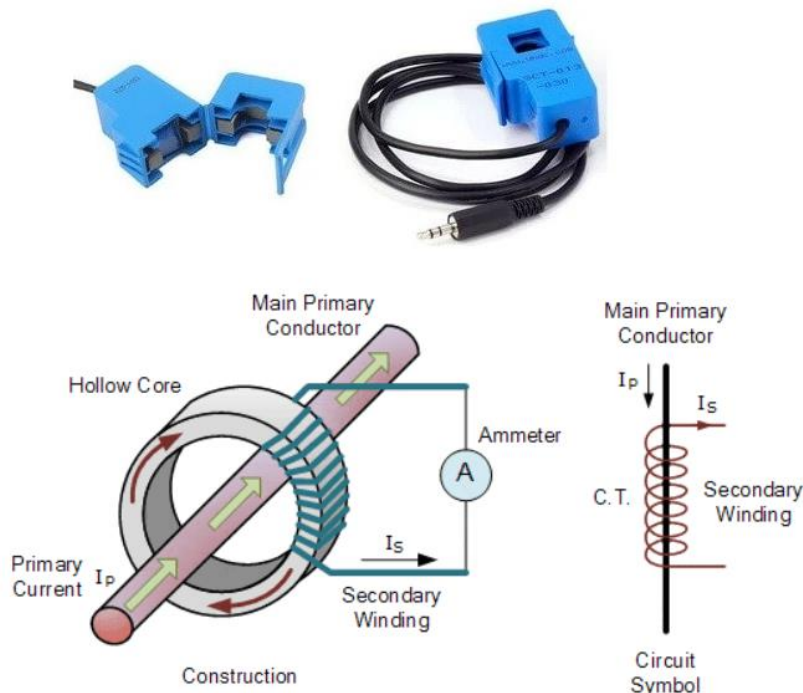


Рисунок 3.4 – Сенсор струму SCT-013

3.1.2 ZMPT101B Однофазний датчик напруги змінного струму

Модуль датчика однофазної напруги змінного струму ZMPT101B (рисунок 3.5) - це високоточний пристрій, побудований на основі трансформатора напруги ZMPT101B. Це робить його ідеальним вибором для вимірювання точної напруги змінного струму за допомогою Arduino або ESP32.

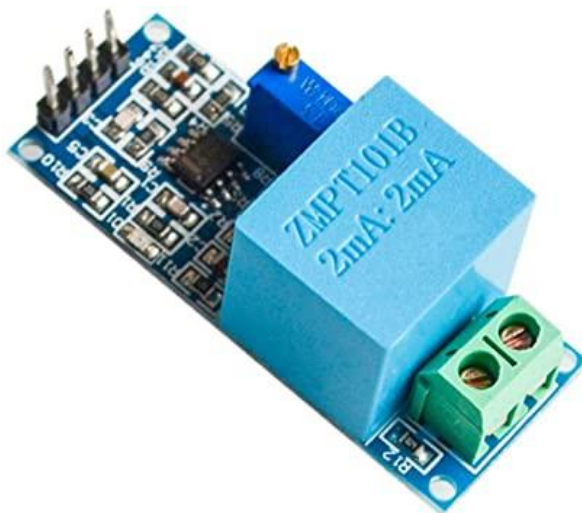


Рисунок 3.5 – Датчик напруги

Модуль здатний вимірювати змінну напругу в діапазоні 250 В і має регульований аналоговий вихід. Він простий у використанні і оснащений багатооборотним підлаштуванням потенціометра для регулювання і калібрування виходу АЦП.

Технічні характеристики

1. Можна вимірювати напругу до 250 вольт
2. Легкий з вбудованим мікродоточним трансформатором напруги
3. Високоточна вбудована схема операційного підсилювача
4. Робоча температура: 40°C ~ + 70°C
5. Напруга живлення від 5 вольт до 30 вольт

										Арк.
										44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.КН.8351546.061.ПЗ					

Blynk пропонує нативні мобільні додатки для iOS та Android, які дозволяють дистанційно керувати підключеними пристроями та візуалізувати дані з них.

Додаток працює у двох режимах:

– Режим розробника

Основною функцією режиму розробника в мобільному додатку є створення та редагування користувацького інтерфейсу (GUI) мобільної інформаційної панелі для заданого шаблону пристрою.

Мобільний дашборд побудований з віджетів - модульних елементів інтерфейсу, які можна розміщувати на полотні. Кожен віджет виконує певну функцію (кнопка, повзунок, графік тощо). Кожен віджет має власні налаштування, які залежать від його функціональності.

– Режим кінцевого користувача

Цей режим використовується як виробниками, так і кінцевими користувачами. Він орієнтований на перегляд і керування пристроями, автоматизацією та сповіщеннями за допомогою віджетів і додаткових екранів, що містять конкретну інформацію про дані, які встановлюються/відправляються/отримуються на/з Blynk.Cloud і пристроїв.

3.2 Програмне забезпечення для програмно-апаратного застосунку

3.2.1 Апаратна частина

Перш за все, потрібно підключити необхідну бібліотеку та визначити виводи і змінні, які потрібні в проєкті. За це відповідає наступний код нижче.

Після цього ініціалізується РК-дисплей, послідовний зв'язок, GSM і вивід на екран повідомлення.

Після цього у функції циклу зчитуються отримані послідовні дані, якщо такі є. А також зчитується імпульс з лічильника енергії і показує одиниці виміру та баланс на РК-дисплеї.

					<i>ДП.КН.8351546.061.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Його також можна завантажити його з Google Play Store або App Store. Залежно від того, який пристрій використовується.

3.2.3 Бібліотека EmonLib

Бібліотека Emonlib використовується для лічильника електроенергії. EmonLib - це безперервний моніторинг електроенергії, що повторює кожні 5 або 10 секунд послідовність вимірювань напруги та струму. EmonLib безперервно вимірює у фоновому режимі напругу та струм на всіх вхідних каналах, обчислює істинне середнє значення для кожного, а потім повідомляє скетчу, що вимірювання доступні і їх слід прочитати та обробити.

3.3 Тестування програмно-апаратного застосунку

Дані лічильника енергії завантажуються в додаток Blynk з інтервалом кожні 5 секунд. Дані можна спостерігати на веб-панелі управління Blynk.

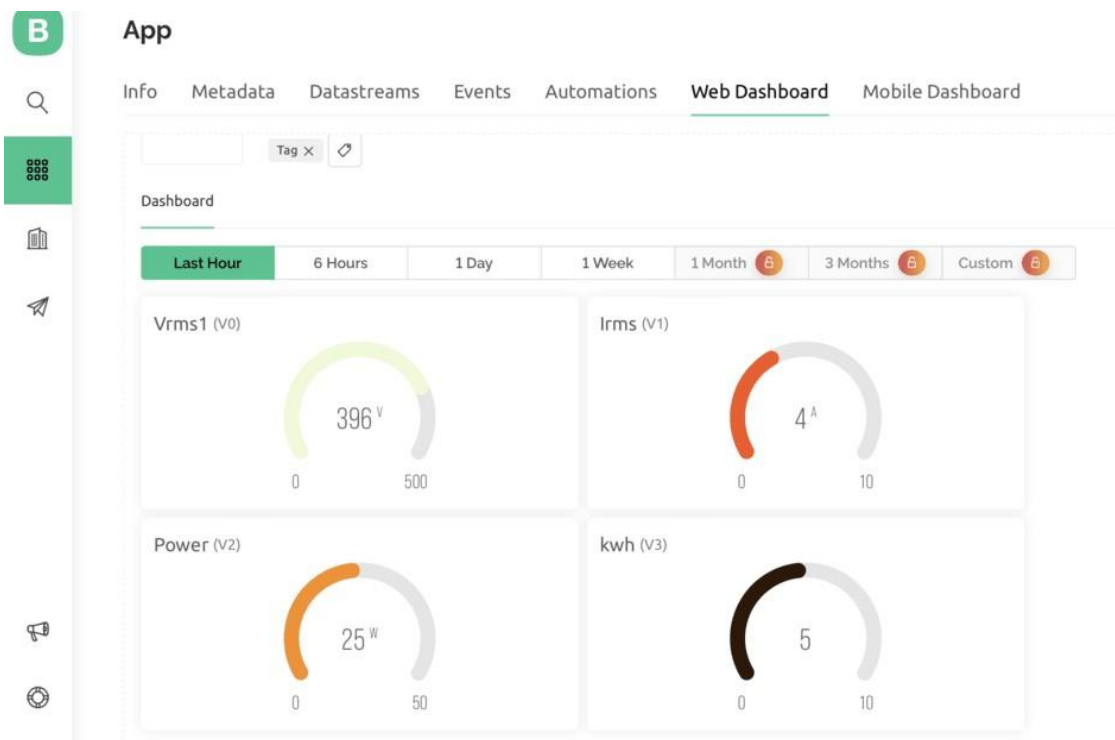


Рисунок 3.12 - Дані про споживання на панелі

На рисунку 3.13 - Показано налаштування самих елементів на панелі

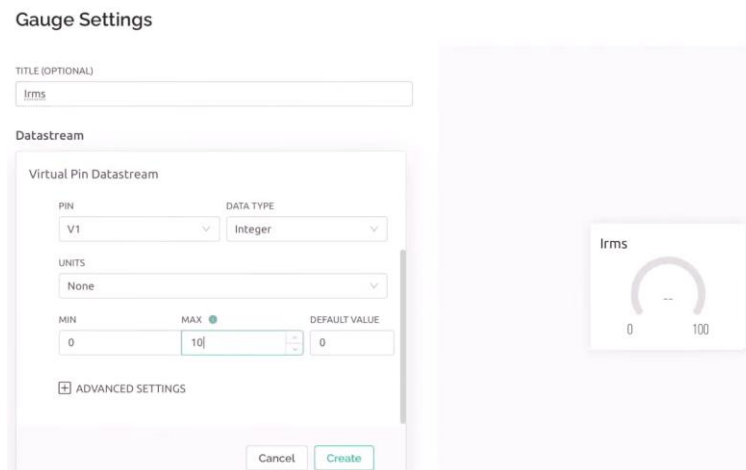


Рисунок 3.13 – Налаштування елементів на робочій панелі

На рисунку 3.14 представлено налаштований модуль та підключене навантаження.



Рисунок 3.14 - Результат вимірювання

3.3.1 Дизайн інтерфейсу користувача інтелектуальної системи зняття показань лічильників.

Для першого входу потрібно зареєструватися як користувач системи. При реєстрації для зареєстрованих користувачів будуть встановлені

										Арк.
										50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП.КН.8351546.061.ПЗ

операційні повноваження, щоб запобігти несанкціонованій поведінці, забезпечуючи при цьому нормальну роботу системи, і записувати інформацію про вхід.

При вході в систему користувачеві необхідно ввести ім'я користувача, пароль і код верифікації. Після проходження системної верифікації користувач може увійти в систему зняття показань інтелектуального лічильника.

Після входу в систему інтелектуального зчитування лічильників натисніть Керування завданнями, щоб увійти в інтерфейс керування завданнями. Система автоматично відображає вибрані пов'язані операції відповідно до повноважень користувача. Інтерфейс управління завданнями показаний на рисунку 3.15.

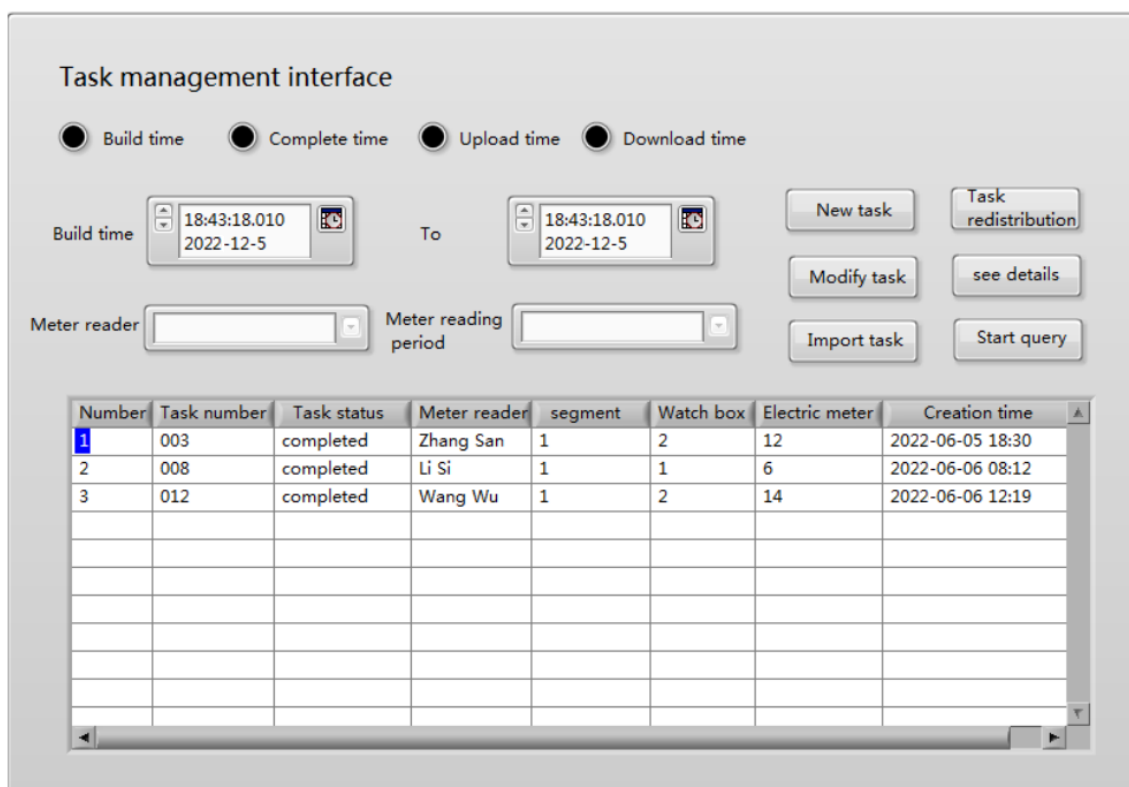


Рисунок 3.15 - Схема інтерфейсу управління завданнями інтелектуальної системи зчитування лічильників

В управлінні завданнями бізнес-класифікація зчитування лічильників налаштована на кілька підмодулів, перш за все, вона має можливість додавати завдання зчитування лічильників та змінювати завдання зчитування лічильників. У модулі завдань зняття показань лічильників в основному завантажуються та вдосконалюються інформаційні дані про показання лічильників, включаючи основну інформацію про лічильник, назву секції зняття показань лічильників, кількість лічильників та кількість лічильників тощо.

Після імпортування даних лічильника їх можна перевірити ще раз, шукаючи відповідні умови. Основний зміст перевірки включає: зчитувач лічильника, час зчитування лічильника, номер секції зчитування лічильника, номер останнього зчитування, поточна електроенергія, тип електроенергії, чи є якісь аномалії тощо.

Відповідно до умов запиту, можна запросити дані лічильника, які відповідають умовам. Користувач може вручну визначити, які саме дані потрібно змінити. Інтерфейс перегляду даних показано на Рисунку 3.16.

The screenshot shows a web interface titled "Data review interface". It features several search filters: "Meter reading section", "area", "line", "user ID", and "user name", each with a radio button. Below these are input fields for "time" (showing 18:43:18.010 and 2022-12-5), "Meter reader", "status", and "Exception type". There are also buttons for "Start query", "Refresh data", "export data", "Create ticket", "Successful review", and "Printout". At the bottom is a table with the following data:

Number	member	time	segment	user ID	user name	Last count	This count	Power	Exception type	status
1	Zhang San	2022-06-05 18:30	0104533217	370607002	Liu Qiang	232	254	22	No abnormality	Copied
2	Li Si	2022-06-06 08:12	0104533219	370609006	Zhang Qian	131	156	25	No abnormality	Copied
3	Wang Wu	2022-06-06 12:19	0104533220	370610011	Wang Wei	322	354	32	No abnormality	Copied

Рисунок 3.16 - Схема інтерфейсу перегляду даних інтелектуальної системи зчитування лічильників.

Інтерфейс аналізу даних лінії включає аналіз показань лічильника, аналіз аномальних даних, аналіз виправлення помилок та статистику розподілу електроенергії. Аналіз обсягу показань лічильника запитує інформацію про обсяг показань лічильника призначеної особи за вказаний період часу відповідно до умов запиту, аналіз аномальних даних запитує інформацію про аномальні дані призначеної особи за вказаний період часу відповідно до умов запиту, аналіз виправлення помилок Відповідно до умов запиту, ви можете запитати відповідний запис про виправлення помилок, статистика розподілу електроенергії може запитувати дані про розподіл електроенергії.

					<i>ДП.КН.8351546.061.ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		53

ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломного проекту було проаналізовано концепцію розумної енергетики, проведено аналіз відомих рішень розумних лічильників електроенергії та сформовано вимоги до застосунку.

Розроблено архітектуру модуля, і його апаратний дизайн. Описано основні алгоритми функціонування лічильника, процесу передплаченого розрахунку, виявлення несанкціонованого доступу.

Спроектвано структуру бази даних інтелектуального лічильника, описано бізнес-модель "розумного лічильника", проведено аналіз програмного та апаратного забезпечення застосунку

Підібрано апаратне забезпечення для відправки даних, вимірювання струму та напруги, та засоби побудови графічного інтерфейсу.

Створено програмне забезпечення для апаратної частини застосунку та для графічного інтерфейсу. Проведено тестування застосунку в цілому

Можливими шляхами розвитку застосунку є: розробка власного API для застосунку для більш глибокої інтеграції в системи енергоменеджменту.

					<i>ДП.КН.8351546.061.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Lund, H.; Østergaard, P.A.; Connolly, D.; Mathiesen, B.V. Smart Energy and Smart Energy Systems. Energy 2017, 137, 556–565.
2. Lund, H., Thellufsen, J. Z., Østergaard, P. A., Sorknæs, P., Skov, I. R., & Mathiesen, B. V. (2021). EnergyPLAN–Advanced analysis of smart energy systems. Smart Energy, 1, 100007.
3. Pakere, I., Romagnoli, F., & Blumberga, D. (2018). Introduction of small-scale 4th generation district heating system. Methodology approach. Energy Procedia, 149, 549-554.
4. Xie, L., Cheshmehzangi, A., Tan-Mullins, M., Flynn, A., & Heath, T. (2020). Urban entrepreneurialism and sustainable development: A comparative analysis of Chinese eco-developments. Journal of Urban technology, 27(1), 3-26.
5. Liang, X., Ma, L., Chong, C., Li, Z., & Ni, W. (2020). Development of smart energy towns in China: Concept and practices. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 119, 109507.
6. Pilpola, S., & Lund, P. D. (2019). Different flexibility options for better system integration of wind power. Energy Strategy Reviews, 26, 100368.
7. Xu, Y.; Yan, C.; Liu, H.; Wang, J.; Yang, Z.; Jiang, Y. Smart Energy Systems: A Critical Review on Design and Operation Optimization. Sustain. Cities Soc. 2020, 62, 102369.
8. Thellufsen, J.Z.; Lund, H.; Sorknæs, P.; Østergaard, P.A.; Chang, M.; Drysdale, D.; Nielsen, S.; Djørup, S.R.; Sperling, K. Smart Energy Cities in a 100% Renewable Energy Context. Renew. Sustain. Energy Rev. 2020, 129, 109922.
9. Lund, H.; Thellufsen, J.Z.; Sorknæs, P.; Mathiesen, B.V.; Chang, M.; Madsen, P.T.; Kany, M.S.; Skov, I.R. Smart Energy Denmark. A Consistent and Detailed Strategy for a Fully Decarbonized Society. Renew. Sustain. Energy Rev. 2022, 168, 112777.

					<i>ДП.КН.8351546.061.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

10. Zhao, B., Wang, X., Lin, D., Calvin, M. M., Morgan, J. C., Qin, R., & Wang, C. (2018). Energy management of multiple microgrids based on a system of systems architecture. *IEEE Transactions on Power Systems*, 33(6), 6410-6421.
11. Wang, G.; Giannakis, G.B.; Chen, J.; Sun, J. Distribution System State Estimation: An Overview of Recent Developments. *Front. Inf. Technol. Electron. Eng.* 2019, 20, 4–17.
12. Thompson, N.C.; Ge, S.; Manso, G.F. The Importance of (Exponentially More) Computing Power. *arXiv 2022*, arXiv:2206.14007
13. Omkar Natu, Prof.S.A.Chavan (2013),”GSM Based Smart Street Light Monitoring and Control System”(IJCSE),187-18
14. NIKHIL.N.PATIL,SUMIT.N.KHAMKAR,DILEEP M.BIND, VIVEK R.KURADE, GANESH L.SONAWANE (2018), “Smart Wireless Electronic Energy Meter” (IRJET),2662-2665
15. Dr.Adithya Tiwary, Manish Mahato, Mohit Tripathi,Mayank Shrivastava,Matnak Kumar Chandrol,Abhitesh Chidar (2018),”Design and Implementation of an Innovative Internet of Things(IOT) Based Smart Energy Meter”(IJFRCSCCE),244-247
16. M.Faisal ,Thahia Fahrin Karim, Abu Ridwan Pavel, M.S.Hossain Lipu (2019) “Development of Smart Energy Meter For Energy Cost Analysis of Conventional Grid and Solar Energy”,(IEEE),91-95
17. Syed Assra Shah (2019),” Automatic Electric Bill Generation System “(IOSR-JECE),75-79
18. Jayant.P.Pawar, Amirthaganesh.S, ArunKumar.S, Satiesh Kumar.B(2016),” Real time energy measurement using smart meter”(IC-GET)
19. Pandurang G.Kate, Jitendra R.Rana (2015),” ZigBee Based Monitoring Theft Detection & Automatic Electricity Meter Reading” (ICESA), 258-262
20. . Shubham Pahurkar¹, Subhash Diwakar², Harshal Nerkar³, Sunita Patil⁴ (2017) IOT Based Electric Bill Generation (IJARCCE)
21. Ashna K, Sudhesh N George (2013), “GSM Based Automatic Energy Meter Reading With Instant Billing “(IEEE), 65-71

22. Mir, S. H., Ashruf, S., Bhat, Y., & Beigh, N. (2019). Review on smart electric metering system based on GSM/IOT. Asian Journal of Electrical Sciences, 8(1), 1-6.

23. Wang, G.; Giannakis, G.B.; Chen, J.; Sun, J. Distribution System State Estimation: An Overview of Recent Developments. Front. Inf. Technol. Electron. Eng. 2019, 20, 4–17.

24. Thompson, N.C.; Ge, S.; Manso, G.F. The Importance of (Exponentially More) Computing Power. arXiv 2022, arXiv:2206.14007.

25. Zakariazadeh, A. Smart Meter Data Classification Using Optimized Random Forest Algorithm. ISA Trans. 2022, 126, 361–369.

26. Yildiz, B.; Bilbao, J.I.; Dore, J.; Sproul, A.B. Recent Advances in the Analysis of Residential Electricity Consumption and Applications of Smart Meter Data. Appl. Energy 2017, 208, 402–427.

27. Enhance Your Arduino Projects with an External Micro SD Card Reader, URL: <https://www.digikey.com/en/maker/blogs/2022/enhance-your-arduino-projects-with-an-external-micro-sd-card-reader> (дата звернення: 12.04.2023).

28. Real Time Clock Модуль на DS3231 URL: <https://arduino.ua/prod1142-real-time-clock-modul-na-ds3231-bez-batareiki>. (дата звернення: 12.04.2023).

29. Комар М.П., Саченко А.О., Васильків Н.М., Гладій Г.М., Коваль В.С. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи з освітньо-професійної програми «Комп’ютерні науки» спеціальності 122 «Комп’ютерні науки» за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти. – Тернопіль: ЗУНУ, 2021. – 56 с

					<i>ДП.КН.8351546.061.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Додаток А

Код програми застосунку "Розумний лічильник електроенергії"

```
1 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
2 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
3 #include "EmonLib.h"
4 #include <EEPROM.h>
5 #define BLYNK_PRINT Serial
6 #include <WiFi.h>
7 #include <WiFiClient.h>
8 #include <BlynkSimpleEsp32.h>
9
10 EnergyMonitor emon;
11 #define vCalibration 83.3
12 #define currCalibration 0.50
13
14 BlynkTimer timer;
15 char auth[] = "*****";
16 char ssid[] = "*****";
17 char pass[] = "*****";
18
19 float kWh = 0;
20 unsigned long lastmillis = millis();
21
22 void myTimerEvent()
23 {
24   emon.calcVI(20, 2000);
25   kWh = kWh + emon.apparentPower * (millis() - lastmillis) / 3600000000.0;
26   yield();
27   Serial.print("Vrms: ");
28   Serial.print(emon.Vrms, 2);
29   Serial.print("V");
30   EEPROM.put(0, emon.Vrms);
31   delay(100);
32
33   Serial.print("\tIrms: ");
34   Serial.print(emon.Irms, 4);
35   Serial.print("A");
36   EEPROM.put(4, emon.Irms);
37   delay(100);
38
39   Serial.print("\tPower: ");
40   Serial.print(emon.apparentPower, 4);
41   Serial.print("W");
42   EEPROM.put(8, emon.apparentPower);
43
44   delay(100);
45
46   Serial.print("\tkWh: ");
47   Serial.print(kWh, 5);
48   Serial.println("kWh");
49   EEPROM.put(12, kWh);
50
51   lcd.clear();
52   lcd.setCursor(0, 0);
53   lcd.print("Vrms:");
54   lcd.print(emon.Vrms, 2);
55   lcd.print("V");
56   lcd.setCursor(0, 1);
57   lcd.print("Irms:");
58   lcd.print(emon.Irms, 4);
59   lcd.print("A");
60   lcd.setCursor(0, 2);
61   lcd.print("Power:");
62   lcd.print(emon.apparentPower, 4);
63   lcd.print("W");
64   lcd.setCursor(0, 3);
65   lcd.print("kWh:");
66   lcd.print(kWh, 4);
67   lcd.print("kWh");
68
69   lastmillis = millis();
70
71   Blynk.virtualWrite(V0, emon.Vrms);
72   Blynk.virtualWrite(V1, emon.Irms);
73   Blynk.virtualWrite(V2, emon.apparentPower);
74   Blynk.virtualWrite(V3, kWh);
75
76 void setup()
77 {
78   Serial.begin(115200);
79   Blynk.begin(auth, ssid, pass);
80   lcd.init();
81   lcd.backlight();
82   emon.voltage(35, vCalibration, 1.7); // Voltage: input pin, calibration, phase_shift
83   emon.current(34, currCalibration); // Current: input pin, calibration.
```

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.КН.8351546.061.ПЗ

Арк.

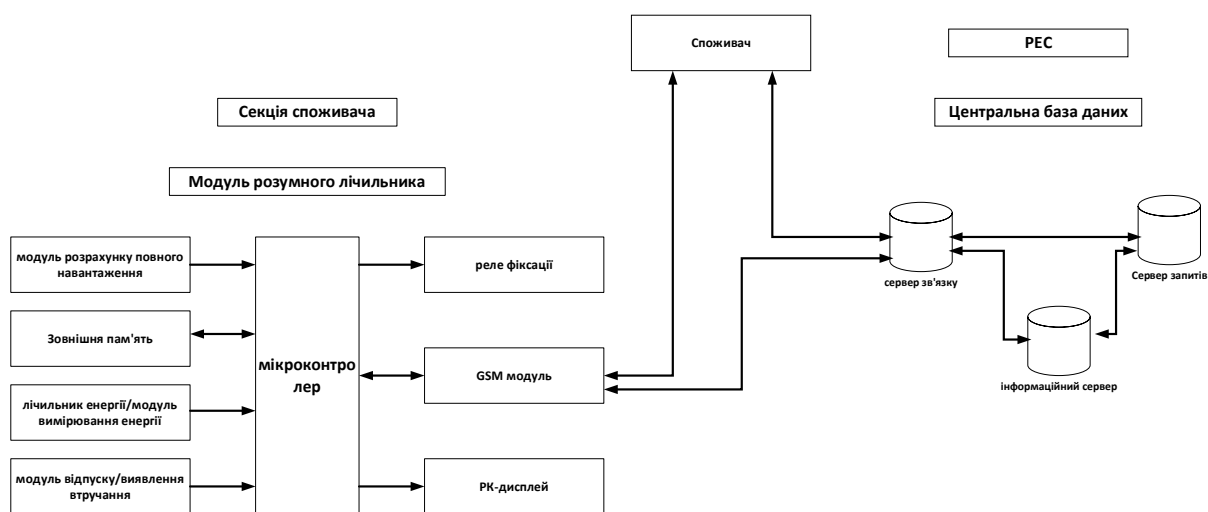
58

```
84 timer.setInterval(5000L, myTimerEvent);
85
86 lcd.setCursor(3, 0);
87 lcd.print("IoT Energy");
88 lcd.setCursor(5, 1);
89 lcd.print("Meter");
90 delay(3000);
91 lcd.clear();
92 }
93
94 void loop()
95 {
96   Blynk.run();
97   timer.run();
98 }
```

					ДП.КН.8351546.061.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

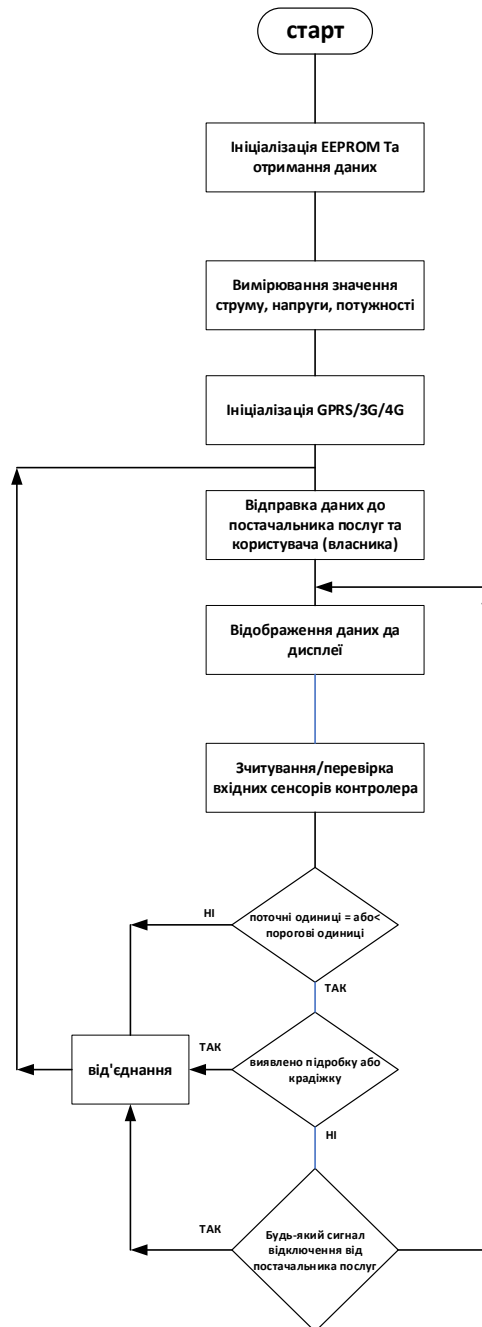
Додаток Б

Архітектура застосунку "Розумний лічильник електроенергії"



Додаток В

Блок-схема повної роботи прототипу розумного лічильника енергії



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.КН.8351546.061.ПЗ

Арк.

61