

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

**ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **«Розробка розумної системи обліку води для
індивідуального будинку»**

Виконав: студент 4 курсу групи Акт-42сп

Спеціальності 151 «Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології»
(шифр і назва)

Пудлик Юрій-Андрій Андрійович

(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., в.о. доцента Татомир А.В.
(Прізвище та ініціали)

Рецензент: к.т.н., доцент Левонюк В.Р.
(Прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ-2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти
Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри _____

д.т.н., проф. А. М. Тригуба

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту

Пудлику Юрію-Андрію Андрійовичу

1. Тема роботи: «Розробка розумної системи обліку води для індивідуального будинку»

Керівник роботи Татомир Андрій Володимирович, в.о. доцента
затверджені наказом по університету від 27.11.2023 року № 641/к-с.

2. Строк подання студентом роботи 10.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: вимоги до процесу вододопостачання індивідуального будинку; методика обґрунтування параметрів розумної системи обліку води для індивідуального будинку.

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

Вступ.

1. Аналіз стану обліку води та обґрунтування доцільності розробки системи обліку води для індивідуального будинку.

2. Аналіз об'єкту керування та вибір засобів.

3. Розробка розумної системи обліку води для індивідуального будинку.

4. Охорона праці.

5. Економічна ефективність від розумної системи обліку води для індивідуального будинку.

Висновки та пропозиції.

Список використаної літератури.

5. Перелік ілюстраційного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): аналіз стану обліку води та обґрунтування доцільності розробки системи обліку води для індивідуального будинку; вибір засобів для системи обліку води для індивідуального будинку; вибір технології передачі даних та засобів системи обліку води для індивідуального будинку; блок-схема та алгоритм системи обліку води для індивідуального будинку; комунікація за допомогою модуля LoRa.

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2, 3, 5	<i>Татомир А.В., в.о. доцента кафедри ІТ</i>		
4	<i>Городецький І.М., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва</i>		

7. Дата видачі завдання

27 листопада 2023 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Написання першого розділу</i>	<i>27.11-31.12.23</i>	
2	<i>Виконання другого розділу та аркушів ілюстраційного матеріалу до нього</i>	<i>01.02-05.03.24</i>	
3.	<i>Виконання третього розділу та аркушів ілюстраційного матеріалу до нього</i>	<i>06.03-24.04.24</i>	
4.	<i>Написання розділу «Охорона праці»</i>	<i>25.04-10.05.24</i>	
5.	<i>Написання розділу «Економічна ефективність»</i>	<i>11.05-23.05.24</i>	
6.	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та аркушів ілюстраційного матеріалу</i>	<i>24-31.05.24</i>	
7.	<i>Завершення роботи в цілому</i>	<i>01 -10.06.24</i>	

Студент _____ Пудлик Ю.-А.А.
(підпис)

Керівник роботи _____ Татомир А.В.
(підпис)

УДК: 628.1.05:004.8

Розробка розумної системи обліку води для індивідуального будинку.

Пудлик Ю.-А.А. Кафедра ІТ – Дубляни, Львівський НУП, 2024.

Кваліфікаційна робота: 57 с. текст. част., 18 рис., 6 табл., 12 арк. ілюстраційного матеріалу, 34 джерела.

Подано вимоги до приладів обліку води у індивідуальних будинках. Наведена схема підключення імпульсних лічильників води до Smart-Mac d10. Проаналізовані розумні системи обліку води для індивідуального будинку. Обґрунтовано доцільність розробки системи обліку води для індивідуального будинку.

Подано особливості знімання показів із лічильника води. Проаналізовано схеми автоматичного знімання показів лічильників води, типи розумних лічильників води та використання для обліку води зовнішніх контролерів.

Здійснено вибір технології передачі даних та засобів системи обліку води для індивідуального будинку. Розроблена блок-схема та алгоритм системи обліку води для індивідуального будинку. Обґрунтовано особливості комунікації за допомогою модуля LoRa. Здійснено збирання та налаштування лічильника води та налаштування шлюза LoRa.

Запропоновані заходи із охорони праці під час використання розумної системи обліку води для індивідуального будинку. Визначено економічну ефективність від використання розумної системи обліку води для індивідуального будинку.

ЗМІСТ

ВСТУП	7	
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ОБЛІКУ ВОДИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ВОДИ ДЛЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО БУДИНКУ		9
1.1. Вимоги до приладів обліку води у індивідуальних будинках.....	9	
1.2. Схеми підключення імпульсних лічильників води до smart-mac d10	12	
1.3. Розумні системи обліку води для індивідуального будинку	15	
1.4. Обґрунтування доцільності розробки системи обліку води для індивідуального будинку	18	
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ КЕРУВАННЯ ТА ВИБІР ЗАСОБІВ.....		20
2.1. Особливості знімання показів із лічильника води.....	20	
2.2. Схема автоматичного знімання показів лічильників води	21	
2.3. Типи розумних лічильників води	23	
2.4. Використання для обліку води зовнішніх контролерів.....	25	
2.5. Оптичне зняття показів лічильників води	27	
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА РОЗУМНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ВОДИ ДЛЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО БУДИНКУ		30
3.1. Вибір технології передачі даних та засобів системи обліку води для індивідуального будинку	30	
3.2. Блок-схема та алгоритм системи обліку води для індивідуального будинку	35	
3.3. Комунікація за допомогою модуля LoRa	37	
3.4. Збирання та налаштування лічильника води.....	40	
3.5. Налаштування шлюза LoRa	42	
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ		43
4.1. Заходи із гігієни праці та виробничої санітарії.....	43	
4.2. Заходи із безпечної експлуатації електрообладнання.....	45	

4.3. Інструкція з охорони праці під час роботи з електричним водонагрівачем у сімейній молочній фермі	46
4.4. Вимоги охорони праці в аварійних ситуаціях.....	48

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІД РОЗУМНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ВОДИ ДЛЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО БУДИНКУ	49
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ.....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	54

ВСТУП

На даний час водопостачання має ключову роль у підтримці комфорту та життєвого рівня населення [24]. Одним із найбільш критичних аспектів цієї проблематики є ефективне використання водних ресурсів. Індивідуальні будинки займають значну роль у загальній системі водопостачання, тому важливо розробляти та впроваджувати нові технології, спрямовані на оптимізацію водного обліку в цих об'єктах.

Зростаюча обізнаність щодо важливості збереження ресурсів та ефективного їх використання створює потребу в використанні інноваційних технологій, спрямованих на оптимізацію обліку води [26]. У зв'язку з цим, розробка розумної системи обліку води для індивідуального будинку стає актуальним завданням, спрямованим на забезпечення ефективного управління водними ресурсами та забезпечення їх економії.

Виконана кваліфікаційна робота присвячена розробці розумної системи обліку води для індивідуального будинку. Вона має на меті дослідити та реалізувати інноваційні підходи до ведення обліку води, забезпечуючи точність, ефективність та економічність використання водних ресурсів. У цьому процесі будуть розглянуті технічні аспекти системи, її можливості та переваги, а також буде проведений аналіз впливу такої системи на стійкість водних ресурсів та екологічну стійкість окремих будинків.

Впровадження запропонованої розробки розумної системи обліку води для індивідуального будинку має потенціал значно покращити якість життя мешканців індивідуальних будинків та сприяти раціональному використанню водних ресурсів [32]. Вона дозволяє власникам будинків отримати детальну інформацію про своє водне споживання в реальному часі. Це включає в себе дані про витрати води в різних ділянках будинку, виявлення та виправлення витоків та ефективне управління споживанням.

Отже, кваліфікаційна робота, яка стосується розробки розумної системи обліку води для індивідуального будинку, на даний час є актуальною та

своєчасною. Впровадження запропонованої розробки розумної системи обліку води для індивідуального будинку відкриває нові можливості для підвищення комфорту, ефективності та стійкості водних ресурсів для сучасних житлових будинків.

РОЗДІЛ 1.

АНАЛІЗ СТАНУ ОБЛІКУ ВОДИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ВОДИ ДЛЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО БУДИНКУ

1.1. Вимоги до приладів обліку води у індивідуальних будинках

Вимірювання витрат води, які проводяться з метою розрахунків між водопостачальниками та споживачами, потребують використання приладів обліку води. Вони призначені для автоматичного вимірювання та реєстрації об'єму споживання води. Правильно сконструйоване та підібране вимірювальне обладнання, встановлене у системі водопостачання, повинно гарантувати достовірність вимірювань і забезпечувати водопостачання всіх споживачів без перерв і з відповідним тиском.

Надійність системи водопостачання залежить від надійності окремих її складових, у тому числі й лічильників води [15]. Лічильники води повинні відповідати все більш високим метрологічним вимогам і працювати в широкому діапазоні вимірювань. Це необхідно через значну варіацію об'ємних потоків води внаслідок мінливості потреби у воді, наприклад, беручи до уваги потребу для цілей пожежогасіння [18; 32]. З цієї причини правильне калібрування приладів є дуже важливим.

Також важливим питанням є визначення терміну служби приладів, після закінчення якого необхідно їх замінити. Нові прилади найчастіше встановлюють через певний час або після вимірювання заданого об'єму води. Усе частіше обидва ці фактори враховуються разом, а також інші параметри, наприклад, тиск води, при якому працює водомір, ризик виникнення пошкоджень або врахування вартості життєвого циклу (LCC) [24] .

Використання води не є постійним для задоволення потреб населення, має місце добова та погодинна мінливість витрати. Ці складові безпосередньо пов'язані зі способом використання водою людиною, способом життя (сон,

робочий час, приготування їжі, прання тощо). Мінливість витрати води визначається піковими факторами – добовий N_d і погодинний N_h обсяг споживання води, визначені відповідно до наступних математичних виразів:

$$N_d = Q_{dmax} / Q_{dsr}, \quad (1.1)$$

$$N_h = Q_{hmax} / Q_{hsr}. \quad (1.2)$$

Поява на ринку розумних лічильників води дозволяє краще визначити середньодобову потребу у воді та максимальну добову та годинну потребу у воді. Розумні лічильники є важливою інфраструктурною особливістю модернізованої водопровідної мережі та вписуються в широкий спектр технологій розумного будинку. Вони дозволяють спостерігати за динамічними витратами води. Такі лічильники підключаються до пристрою, який дозволяє зчитувати, зберігати, відображати та передавати всі дані в реальному часі (рис. 1.1).

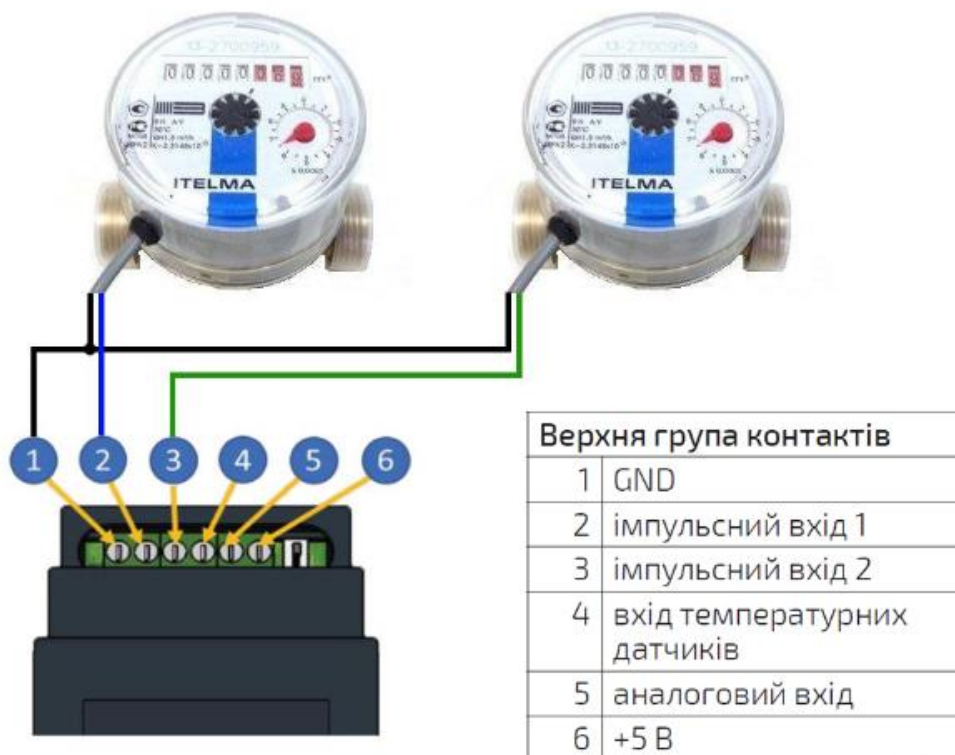


Рисунок 1.1 – 2-х провідна схема підключення імпульсного витратоміру і Smart-MAC D105

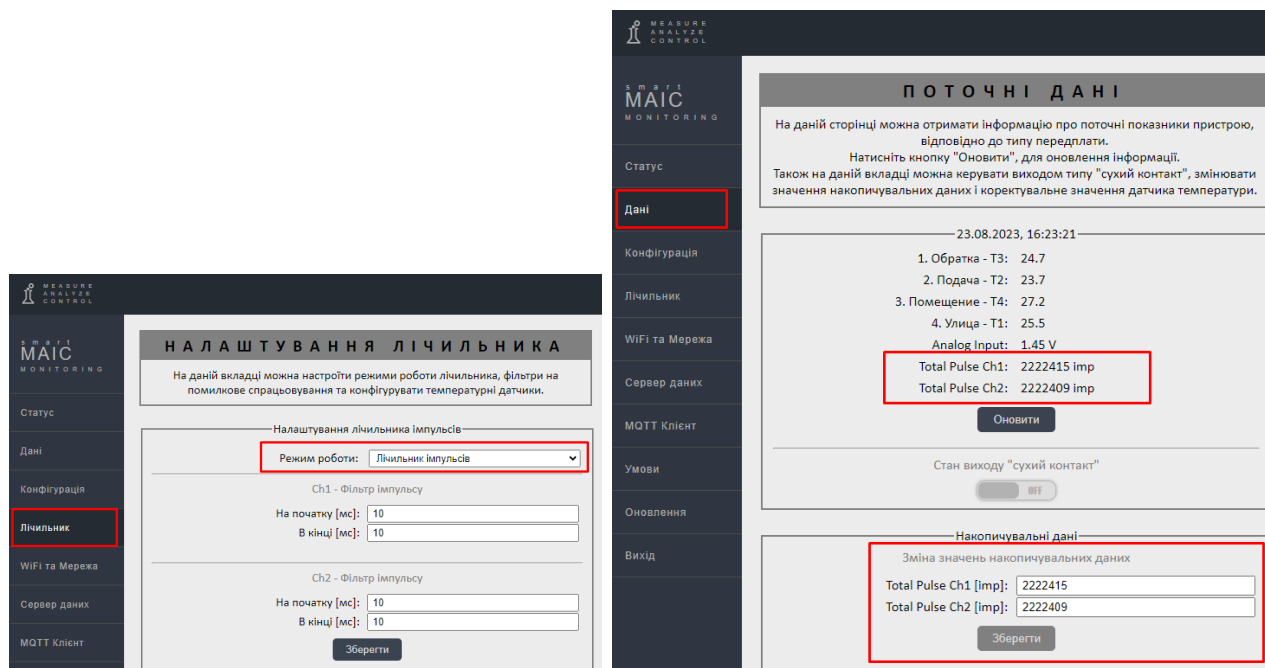


Рисунок 1.2 – Приклад введення початкових значень накопичувальних лічильників у імпульсах

Інтелектуальні лічильники води можна використовувати для виявлення втрат води через витоки та для визначення потенційної економії води, якщо взяти заходів щодо її усунення. Їх використання також може вплинути на зміну поведінки споживачів води в напрямку кращих методів збереження води. Це дає можливість бачити, наприклад, на моніторах поточне споживання води в реальному часі, що обмежує кількість води, яку ми використовуємо. Можна розрахувати добові та погодинні пікові коефіцієнти та на основі мінливості потоку вибрати оптимальний лічильник води для конкретного споживача [16].

Директива 2014/32/EU MID (Директива про вимірювальні прилади) [19] є чинним правовим актом, який охоплює вимірювальні прилади, включаючи лічильники води, в межах Європейського Союзу. Він замінює попередні документи: Директиву Ради 75/33/ЄЕС та Директиву 79/830/ЄЕС. З січня 2018 року вимірювальні прилади, в тому числі лічильники води, можуть бути використані в побуті лише після оцінки відповідності Директиві MID. Польський стандарт — PN-EN14154, який застосовується до пристроїв, що

випускаються в даний час, був розроблений на основі вище вказаного регламенту [30].

Рішення, подібні до тих, що застосовуються в Європейському Союзі, містяться в OIML R 49-1 і OIML R 49-2 – міжнародно визнані стандарти для затвердження типу лічильників води. Ці стандарти розроблені Міжнародною організацією законодавчої метрології (OIML). В Австралії модифікованими версіями цих стандартів є відповідно NMI R 49-2 і NMI R 49-2. Так само визначаються об'ємні витрати води для лічильників води [28].

1.2. Схеми підключення імпульсних лічильників води до Smart-MAC D10

Високоточний лічильник оснащений імпульсним виходом «n-p» і підключається по трьох провідній схемі з автономним джерелом живлення (рис. 1.3).

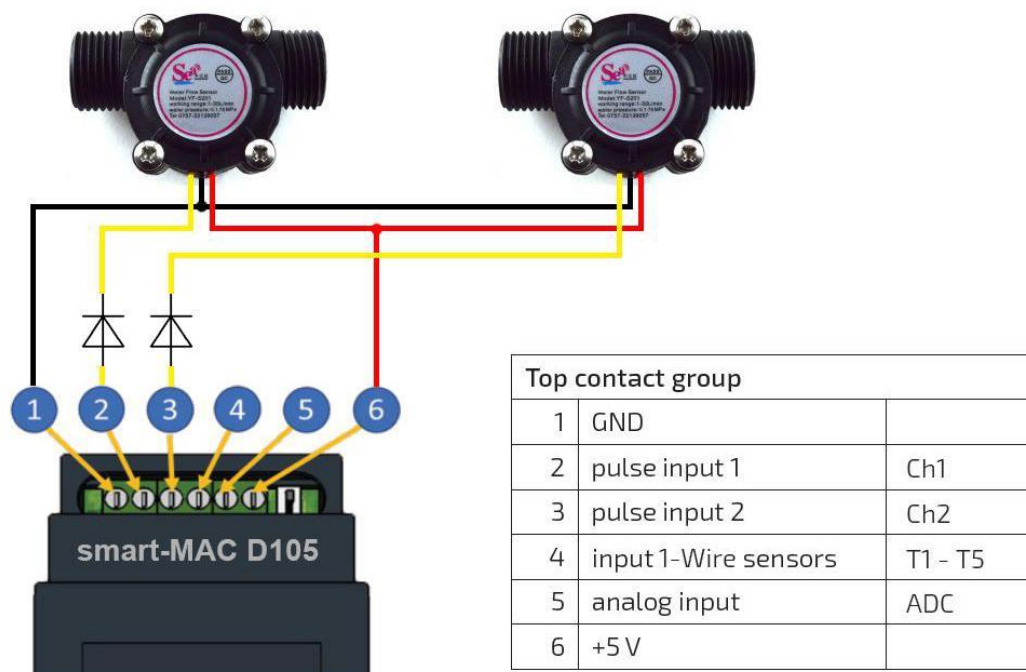


Рисунок 1.3 – 3-х провідна схема підключення імпульсного витратоміру і Smart-MAC D105

Якщо напруга живлення витратоміра становить +5 В, її можна отримати з клеми 6 (+5 В) приладу D105. Будь-яка інша напруга живлення витратоміра вимагає окремого джерела живлення.

Схема підключення витратоміри з імпульсним виходом типу «п-р» показана на рис. 1.3 передбачає підключення:

- чорний провід GND витратоміра до клеми 1: GND (земля або -5 В);
- червоний провід +5 В витратоміра до клеми 6: +5 В;
- жовтий провід витратоміра до клеми 1: GND (земля або -5 В) імпульсів до клеми 2 або 3: Ch1 або Ch2

Можна додати будь-які діоди для захисту контактів 2 і 3, наприклад, 1N4148. Якщо для витратоміру потрібно окреме джерело живлення понад +5 В, його загальний вихід GND необхідно приєднати із загальною вихідною клемою 1 (GND) пристрій D105. При цьому клемма 6 (+5V) залишається неактивною.

Загальна схема підключення датчиків/витратомірів з імпульсним виходом типу «п-р» показана на рис. 1.4.

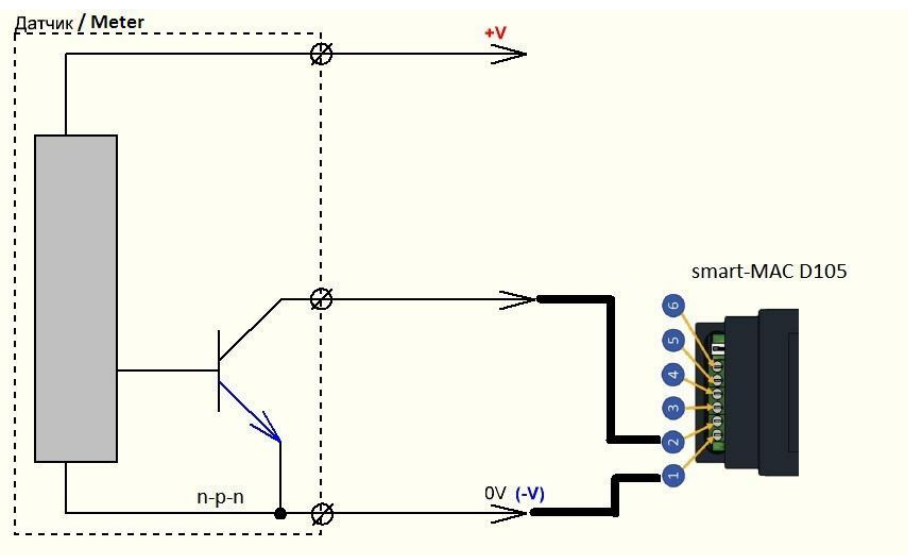


Рисунок 1.4 – Загальна схема підключення датчиків/витратомірів з імпульсним виходом типу «п-р»

Трьох провідна схема типу «р-п» також передбачає датчики та витратоміри з імпульсними виходами типу «р-п». Цей тип витратомірів не

можна прямо підключити до лічильника імпульсів smart-MAIC D105. Для їх підключення потрібно додаткове узгоджувальне обладнання.

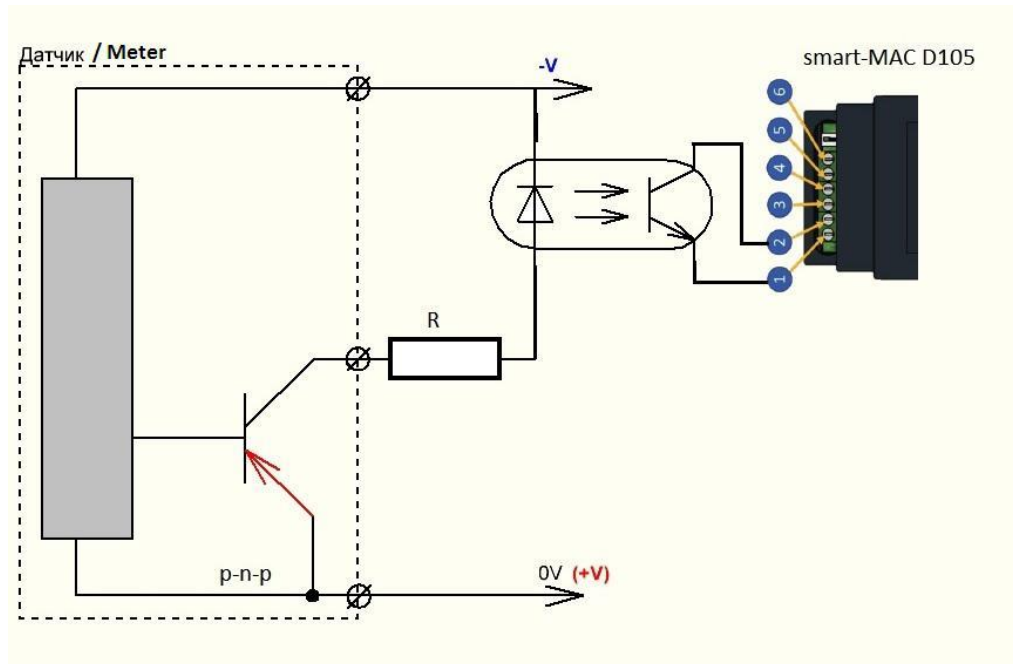


Рисунок 1.5 – Загальна схема підключення датчиків/вітратомірів з імпульсним виходом типу «р-п»

Загальна схема підключення датчика/вітратоміра з імпульсним виходом типу «р-п» представлена на рис. 1.5. Насамперед слід перевірити пульс (рис. 1.6).

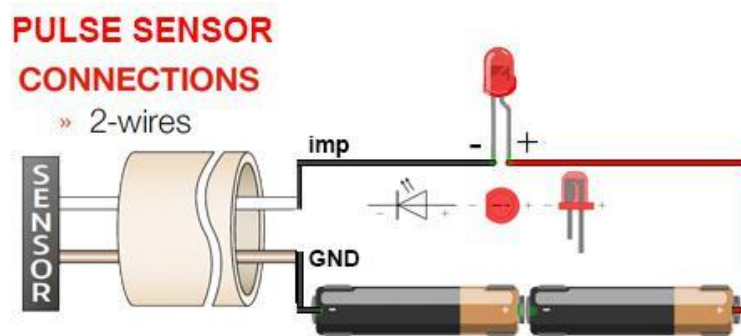


Рисунок 1.6 – Схема перевірки наявності пульсу

Якщо нічого не відбувається і D05 не підраховує імпульси, варто перевірити, чи надходять імпульси від лічильника. Для перевірки створюють просту схему на двох батарейках і світлодіода. При наявності імпульсу світлодіод буде яскраво блимати.

1.3. Розумні системи обліку води для індивідуального будинку

Інтернет речей (IoT) та інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) можуть допомогти зберегти доступні водні ресурси. Розумні міста застосували IoT для підвищення продуктивності та ефективності міських об'єктів. Наприклад, більшість визначень розумних міст схиляються до ролі ІКТ.

Окремі вчені [15] описують розумні міста як міста, створені для використання передових ІКТ (інноваційних технологій), таких як розумні лічильники, смартфони, мобільні мережі, датчики та технології зберігання даних. Збільшення зв'язку спонукало до значного обсягу створення інформації, що зробило можливою платформу, яка дозволяє збирати, аналізувати та розповсюджувати дані в різних сферах життя.

У літературі ідея розумної системи водопостачання стає все більш популярною у сфері міського управління водними ресурсами, і з нею також асоціюються різні терміни. Нами наведено графік найбільш використовуваних слів у визначеннях розумних систем водопостачання (рис. 1.7).

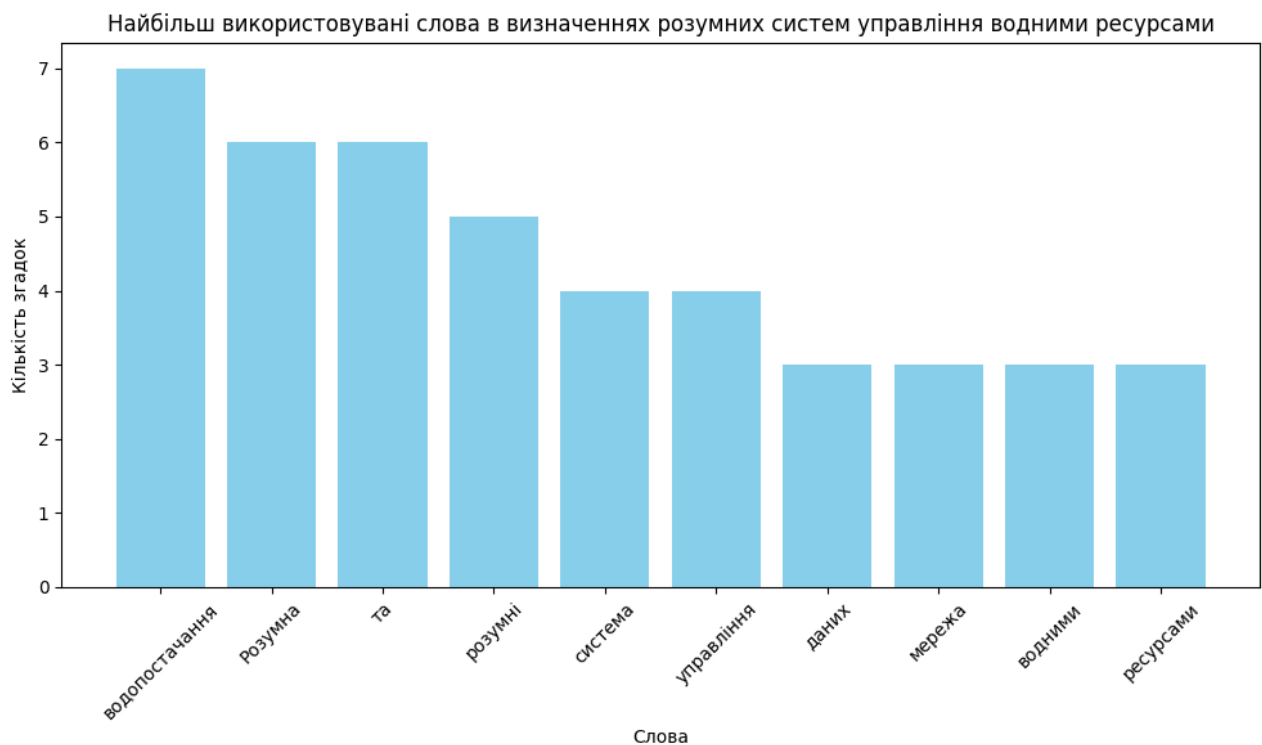


Рисунок 1.7 – Графік найбільш використовуваних слів у визначеннях розумних систем водопостачання

У розумних системах водопостачання можна досягти прогресу завдяки розумному вимірюванню води (рис. 1.8).

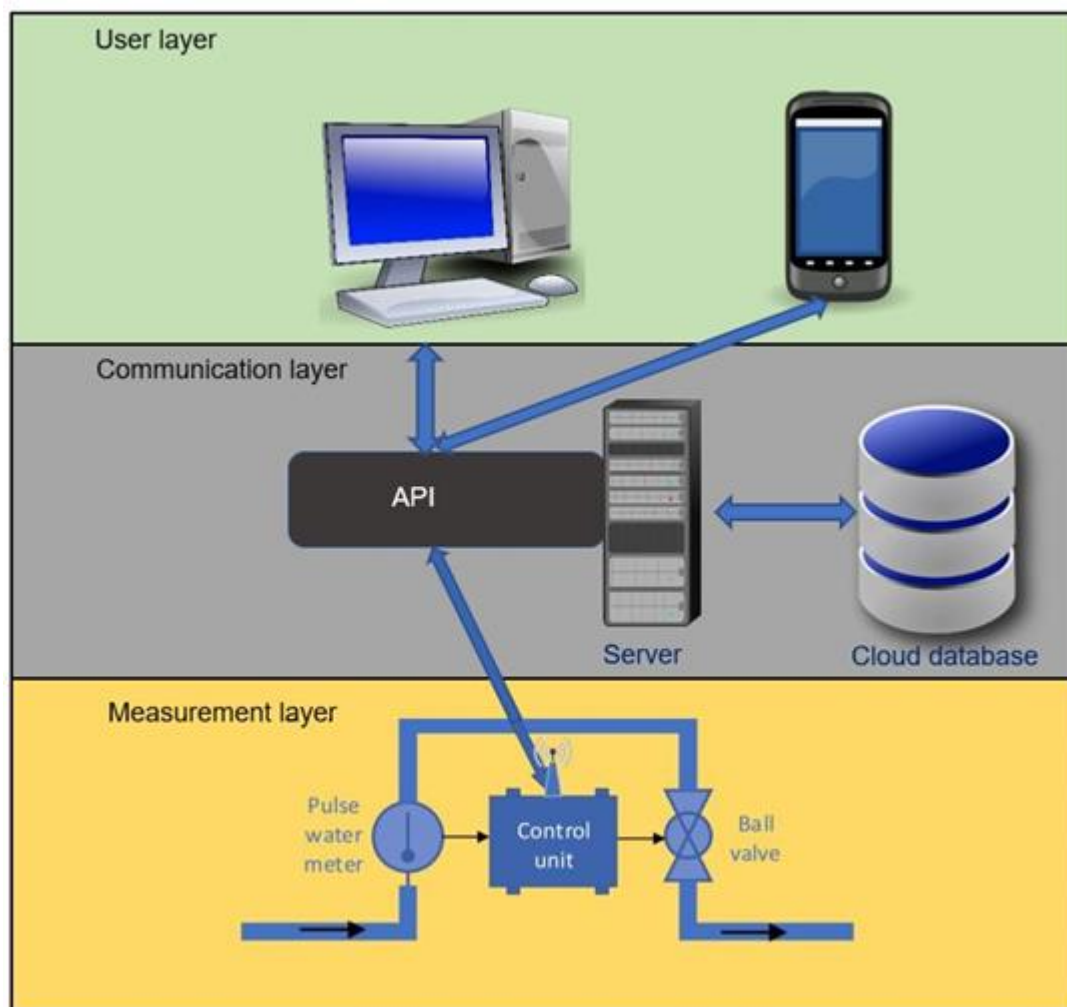


Рисунок 1.8 – Архітектура розумної системи обліку води

Інтелектуальний облік води охоплює два точні елементи: лічильники, які використовують сучасні технології для збору даних про використання води та системи зв'язку, які можуть збирати та передавати інформацію про використання води в реальному часі [31]. Інтелектуальні лічильники води можуть передавати зібрану інформацію широкій аудиторії, такій як споживачі, керівники комунальних служб та органи влади [31]. Наприклад, у роботі [17] підкреслили переваги інтелектуальних лічильників води для виявлення та ремонту витоків. У роботі [26] повідомляють, що після встановлення інтелектуальних лічильників води в 2011 році та посилення нагляду співробітниками водопровідної компанії в Аліканте, Іспанія, виявлення

несанкціонованого побутового використання води (крадіжки) зросло. Відповідно до їхнього звіту, крадіжки води зменшилися на 80% між 2013 і 2017 роками. У роботі [25] зазначають, що розумні лічильники води можуть забезпечити екологічні переваги, такі як зменшення вуглецевого сліду систем водопостачання завдяки економії води. На рис. 1.8 зображено огляд архітектури інтелектуальної системи обліку води. Архітектура базується на трьох рівнях. Ці рівні включають рівень вимірювання, рівень зв'язку та рівень користувача.

Вимірювальний рівень складається з імпульсного водоміра, блоку керування та кульового крана. Імпульсний водомір дає інформацію про об'єм і консистенцію потоку води. Можна використовувати будь-який імпульсний водомір (незалежно від кількості імпульсів на літр). Центральний блок керування (CPU) отримує інформацію щодо витрати води від лічильника води, використовує бездротову мережу для зв'язку в інтерфейсі програми, періодично оцінює витрату води за допомогою встановлених правил відповідно до логіки програми та контролює двосторонній клапан. Можна використовувати будь-який мікроконтролер. Двоходовий кульовий кран контролює відкриття або закриття потоку води, який реагує на запити блоку управління.

Комунікаційний рівень забезпечує інтерфейс програми (API) з доступом до хмарної бази даних. API реалізований як веб-сервіс і забезпечує зв'язок між інтелектуальним лічильником води та клієнтом. Існує три частини інтерфейсу зв'язку: зв'язок із датчиком, кульовий кран і мобільний API.

На рівні користувача існують дві програми. По-перше, веб-додаток дозволяє дистанційно налаштовувати, керувати лічильником води та адмініструвати користувачів. Друга програма розроблена для мобільних пристроїв з більш інтуїтивним і зручним досвідом [20].

1.4. Обґрунтування доцільності розробки системи обліку води для індивідуального будинку

На даний час зростає свідомість населення щодо використання природних ресурсів та стійкого розвитку. При цьому важливо звертати увагу на ефективне використання водних ресурсів. Системи обліку води для індивідуальних будинків є не лише практичними, але й екологічною необхідністю. Нижче наведено обґрунтування доцільності їх розробки та використання (рис. 1.9).

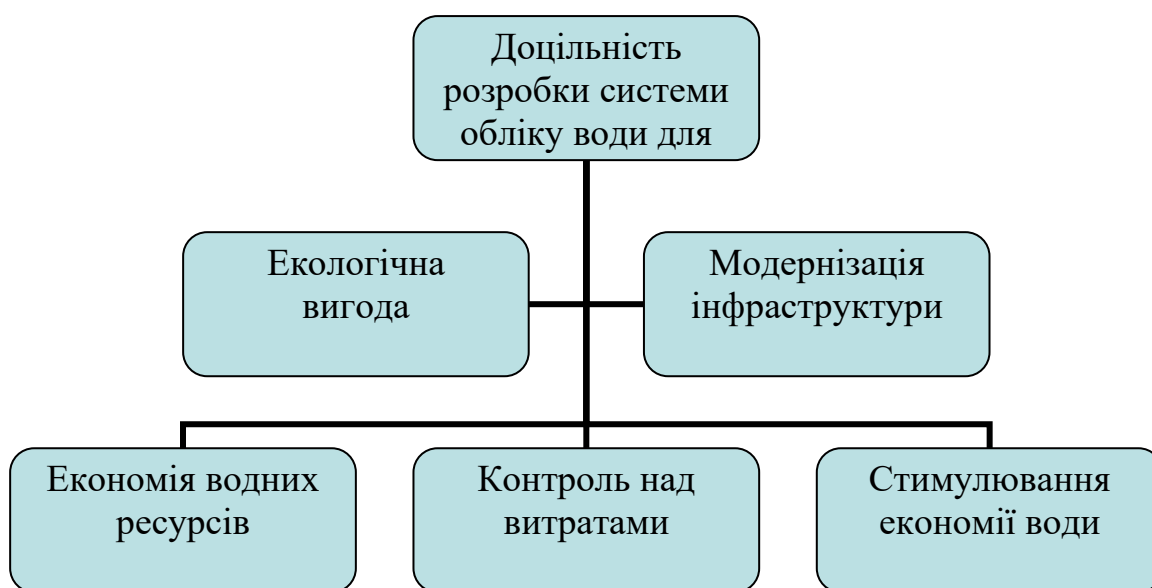


Рисунок 1.9 – Схема доцільності розробки системи обліку води для індивідуального будинку

Використання систем обліку дозволяє власникам будинків більш точно вимірювати своє споживання води. Це стимулює ефективнішу експлуатацію та відповідальне використання водних ресурсів. З точним обліком споживання вода не марнується, а ефективно розподіляється.

Системи обліку води дозволяють власникам будинків контролювати свої витрати на водопостачання. Шляхом аналізу даних про споживання води можна виявити та усунути витoki або незаконні використання, що дозволить зменшити витрати.

З точним обліком споживання власники будинків можуть бути стимульовані до зменшення витрат води шляхом впровадження ефективних систем водопостачання та енергозберігаючих технологій. Це сприяє економії як фінансових, так і природних ресурсів.

Зменшення витрат води завдяки системам обліку також призводить до зменшення водних викидів та забруднення довкілля. Збереження водних ресурсів має важливе значення для збереження біорізноманіття та екосистем.

Впровадження систем обліку води сприяє модернізації водопровідної і каналізаційної інфраструктури в індивідуальних будинках. Це може включати в себе встановлення сучасних лічильників, датчиків витрати води та інших технологій, що сприяють підвищенню ефективності та надійності систем.

Розробка та використання систем обліку води для індивідуальних будинків є доцільною з практичної, економічної та екологічної точок зору. Вони сприяють ефективному використанню водних ресурсів, контролю витрат та збереженню довкілля.

РОЗДІЛ 2.

АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ КЕРУВАННЯ ТА ВИБІР ЗАСОБІВ

2.1. Особливості знімання показів із лічильника води

Мешканцям житлових будинків доводиться передавати покази приладів обліку та контролю ресурсів (води, електроенергії, газу тощо) до керуючих та енергетичних компаній і часто це робиться вручну. Цей спосіб передачі показів має очевидні недоліки. Зокрема, можливість помилки під час ручного зчитування та передачі показів, можливість просто забути про необхідність чергового щомісячного зняття показів тощо, і донедавна альтернативи для цього методу передачі показів лічильників не існувало.

Із розвитком інформаційних технологій і цифровізації відбулися зміни у сфері житлово-комунального господарства. Тепер стало можливим і дедалі популярнішим використання розумних приладів обліку ресурсів і, як наслідок, стало можливим автоматичне знімання показів і автоматичне передання їх, без участі людини (домовласника).

Розглянемо питання автоматизації передавання показів лічильників води і ближче познайомимося з технічними рішеннями для цього. Насамперед, автоматизуючи передачу показів лічильників води, мешканці позбуваються необхідності постійно контролювати час чергового передавання та звільняють себе від рутинної і не дуже приємної необхідності вручну переносити покази лічильників «на папірець» і потім передавати цю інформацію особисто або за допомогою інтернету.

Водночас, мешканці житлових будинків страхують себе від можливих додаткових нарахувань за використання ресурсів за підвищеними тарифами. Згідно з офіційною інформацією [14], відхилення від щомісячного передавання показів лічильників і своєчасної оплати рахунків призводять до різкого підвищення вартості послуг і, відповідно, є вкрай не вигідними споживачеві.

Водночас, вартість зростає у 2 рази порівняно зі звичайною (середньостатистичною).



Рисунок 2.1 – Схема використання методів розрахунку за водопостачання

Дійсно, автоматичне передавання показів розумними приладами обліку знімає всі турботи про це споживача і гарантує чітку та своєчасну взаємодію з розрахунковим центром і керуючою компанією.

2.2. Схема автоматичного знімання показів лічильників води

Розглянемо типову схему роботи автоматичного знімання показів приладів обліку витрат ресурсів, у нашому випадку лічильників води.

У квартирах споживачів встановлюються автоматичні прилади обліку. Це якраз і є ті самі «розумні лічильники». Розумний лічильник – це лічильник, забезпечений спеціальним електронним блоком із бездротовим модулем для зв'язку з «базовою станцією» постачальника послуг. Автоматично передавати покази можуть не тільки розумні лічильники, різні типи яких подано у п. 2.3.

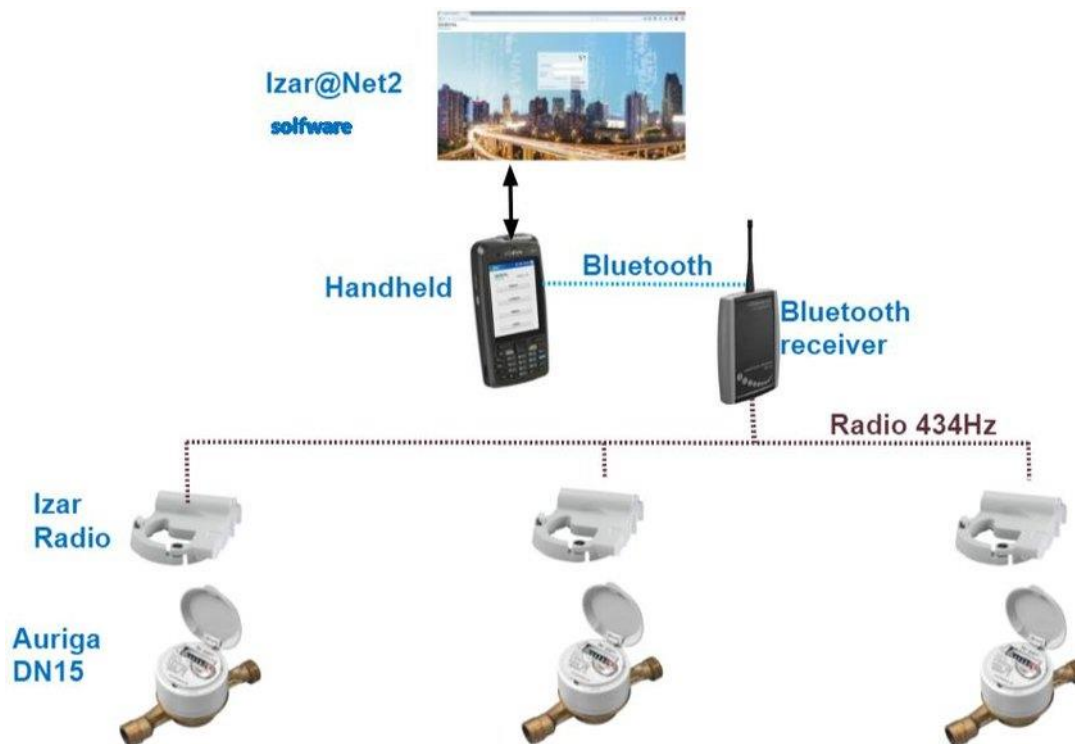


Рисунок 2.2 – Схема автоматичного знімання показів приладів обліку витрат
ВОДИ

Технічно передавальний модуль може бути вбудований як у сам лічильник, так і в окремий блок, з'єднаний із лічильником дротами, а передавання даних може здійснюватися за різними IoT протоколами, наприклад, популярними рішеннями зараз є бездротові стандарти NB-IoT, LoRaWAN, Wi-Fi тощо.

Далі інформація з приладів обліку надходить до інформаційної системи постачальника послуг (другий крок на вище наведеній схемі), де обробляється і зберігається відповідним чином.

Потім, на третьому кроці, постачальник послуг передає дані про спожиті ресурси в міську інформаційну систему, де і відбувається остаточний аналіз і звірка інформації та формуються офіційні нарахування за спожиті ресурси.

На останньому, четвертому етапі, користувачам виставляється єдиний платіжний документ (ЄПД) для оплати житлово-комунальних послуг.

2.3. Типи розумних лічильників води

Насправді автоматично передавати покази можуть не тільки розумні лічильники. Перерахуємо всі подібні рішення, а потім детально розглянемо кожне з них:

- ✓ розумні лічильники;
- ✓ зовнішні контролери для лічильників з імпульсним виходом;
- ✓ зовнішні контролери з оптичним розпізнаванням;

Кожна з цих категорій зі свого боку ділиться на підкатегорії, що використовують ті чи інші технічні рішення, які детально розглянемо.

Розумні лічильники

Розумні лічильники містять у собі спеціалізований контролер, який займається отриманням даних про витрату води з механічної частини лічильника, її первинним опрацюванням і передачею отриманої інформації в той чи інший спосіб на сервери обслуговуючих компаній.

Розумні лічильники, своєю чергою, діляться на наступні. Бездротові, що використовують передачу даних за схемою лічильник – базова станція (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Бездротові лічильники води, що використовують передачу даних за схемою лічильник – базова станція

Типовими представниками цього типу є лічильники, що підтримують стандарт LoRaWAN.

Бездротові, що використовують передавання даних за схемою лічильник - оператор стільникового зв'язку (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Бездротові лічильники води, що використовують передачу даних за схемою лічильник - оператор стільникового зв'язку

Типовими представниками цього типу є лічильники, що підтримують стандарт NB-IoT.

Бездротові, що використовують для передавання даних стандартні побутові мережі. Типовими представниками цього типу є лічильники, що підтримують стандарт Wi-Fi (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Бездротові лічильники води, що використовують передачу даних за схемою лічильник - оператор стільникового зв'язку

Існують також лічильники, що використовують для своєї роботи різні менш популярні та пропрістарні (закриті) стандарти, зокрема й дротові, наприклад, RS-485.



Рисунок 2.6 – Ультразвуковий лічильник води призначений для виявлення ультразвукових хвиль у нижній течії води та різниці часу поширення протитокового потоку (стандарт RS-485)

Ультразвукові лічильники води призначені для визначення різниці в часі між ультразвуковими хвилями в потоці води внизу та часом збільшення протитечії потоку води. Цей новий тип повного електронного водоміру аналізує та обробляє потік води за допомогою програмного забезпечення, а потім обчислює потік води.

2.4. Використання для обліку води зовнішніх контролерів

Крім найпростішого і найлогічнішого рішення для автоматизації передання показів води широко використовують розумні лічильники. Існують також технічні рішення і для простіших лічильників, позбавлених електронної начинки. Ці рішення цілком виправдані, оскільки не завжди економічно

доцільно відмовлятися від уже встановлених приладів і міняти їх на нові, часто не дуже дешеві.



Рисунок 2.7 – Ультразвуковий лічильник води призначений для виявлення ультразвукових хвиль у нижній течії води та різниці часу поширення протитокового потоку (стандарт RS-485)

Зараз перебуває в експлуатації величезна кількість простих, але забезпечених так званих лічильників «із імпульсним виходом» (сюди ж належать лічильники з виходом NAMUR) (рис. 2.7). Для під'єднання таких лічильників до автоматичних систем збору показів лічильників використовують спеціальні контролери, що являють собою окремі пристрої, до яких дротами під'єднують лічильники води.



Рисунок 2.8 – Лічильник води із контролером

Окремі контролери, так само як і розумні лічильники, використовують для передавання даних про витрату води за різними протоколами і стандартами бездротового і дротового зв'язку. Усе, що було сказано вище про розумні лічильники, стосується і окремих контролерів. Вони також використовують популярні стандарти LoRaWAN, NB-IoT тощо.

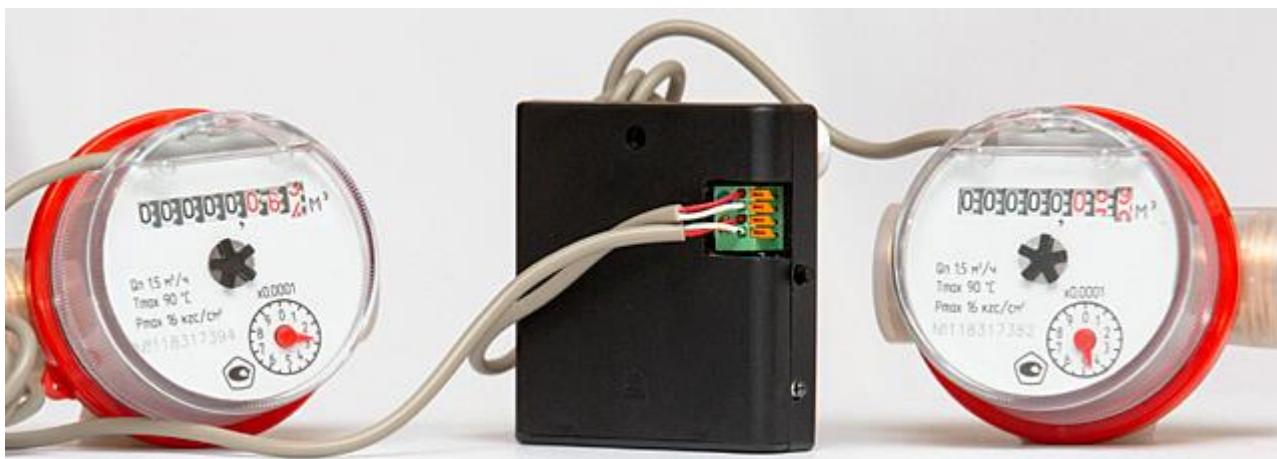


Рисунок 2.9 – Лічильник води із контролерами

Нами наведений приклад окремого контролера (рис. 2.9), який від'єднується до побутової мережі Wi-Fi для передавання показань лічильників води.

2.5. Оптичне зняття показів лічильників води

Поряд з уже перерахованими типами лічильників, існує велика кількість найпростіших «просто лічильників», які не мають жодної розумної начинки і жодних інтерфейсів для підключення до електронних систем.

Але навіть для подібних випадків існують готові рішення, які дають змогу використовувати прості лічильники для автоматичного передавання показань. Як приклад подібної системи можна згадати контролери оптичного розпізнавання показів цифр лічильників MOLECULA.



Рисунок 2.10 – Контролери оптичного розпізнавання показів цифр лічильників
MOLECULA

Ці контролери просто монтуються на будь-які лічильники і працюють за схемою, описаною нами вище для розумних лічильників.

Системи оптичного розпізнавання показань лічильників випускаються українськими та зарубіжними компаніями, і можна за необхідності вибрати найбільш підходяще рішення.

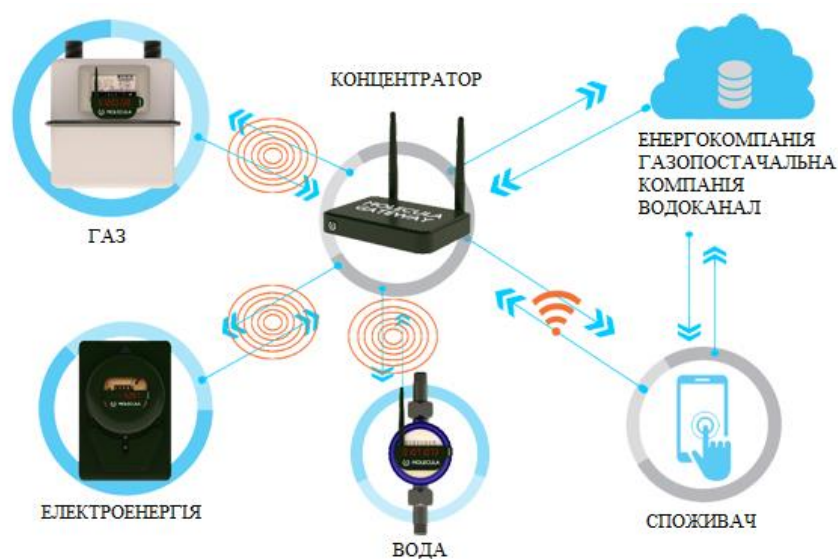


Рисунок 2.11 – Схема передавання показів розумних лічильників до компаній

Крім прямого розпізнавання цифр показань на лицьовій панелі лічильника, є й інші способи оптичного розпізнавання (і передавання) показань про витрату ресурсів, наприклад, розпізнавання миготіння світлодіода електролічильника або повороту стрілки на лицьовій панелі лічильника води.

Тут можна згадати лічильники витрати води від компанії ІТЕЛІМА, які мають таку стрілку і знімати показання з таких лічильників можна за допомогою спеціалізованого модуля від компанії МЕРІДІАН. Цей модуль (контролер) так само застосовує оптичний метод зняття показів і відстежує для цього рух стрілки.

РОЗДІЛ 3.

РОЗРОБКА РОЗУМНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ВОДИ ДЛЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО БУДИНКУ

3.1. Вибір технології передачі даних та засобів системи обліку води для індивідуального будинку

Технологія LoRa (Long Range) є однією з сучасних тенденцій в галузі технологій мобільного зв'язку завдяки своїй широкій досяжності, надзвичайній продуктивності, надійності та тривалості терміну служби. У нашій роботі пропонується використовувати LoRa, вона дозволяє центральним системам водопостачання управляти ресурсами за допомогою розумної та автоматизованої системи.

У житлових районах та установах будуть встановлені датчики і підключені через домашні шлюзи на основі LoRa або загальнодоступної мережі LoRaWAN. Вимога до пропускної здатності LoRa становить близько 5,5 кбіт/с, а отже, вона стає ідеальним середовищем зв'язку для додатків з низьким енергоспоживанням і низьким обсягом даних.

Модуляція LoRa має шість ортогональних коефіцієнтів поширення (SF), а саме SF7, SF8, SF9, SF10, SF11 і SF12. В результаті, на одному частотному каналі можна одночасно передавати сигнали з різним коефіцієнтом розширення. Хоча великі SF збільшують час передачі даних. Приклад швидкості передачі даних – 5470 біт/с з SF7 і каналом 125 кГц [27].

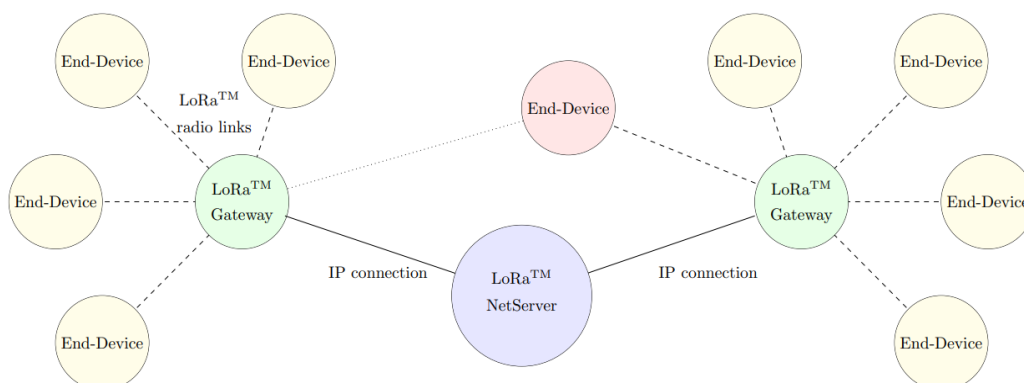


Рисунок 3.1 – Архітектура системи LoRa

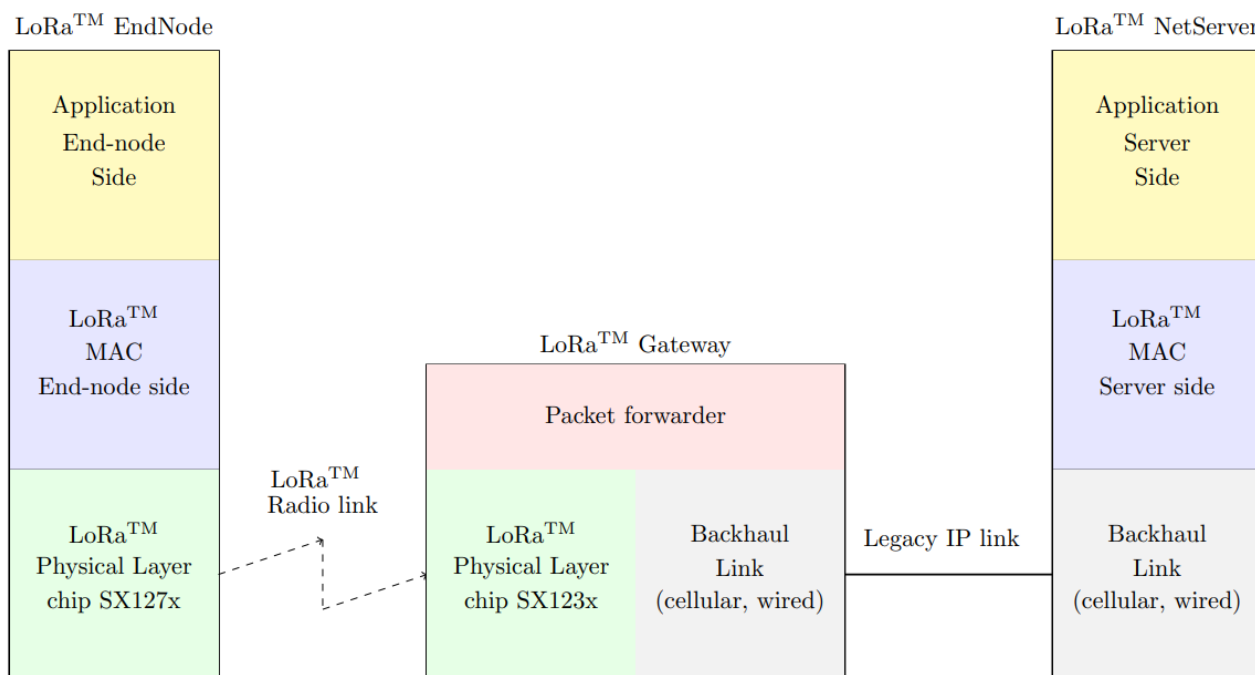


Рисунок 3.2 – Архітектура протоколу LoRa

На сьогоднішній день найпоширенішими методами бездротового зчитування лічильників є GSM, GPRS, WIFI, ZigBee тощо. LoRa – це технологія, яка спеціально використовується для радіочастотної модуляції та демодуляції корпорацією Semtech [22; 34]. LoRa – це модуляція фізичного рівня, яка використовує Chirp Spread Spectrum (CSS) з прямою корекцією помилок [15].

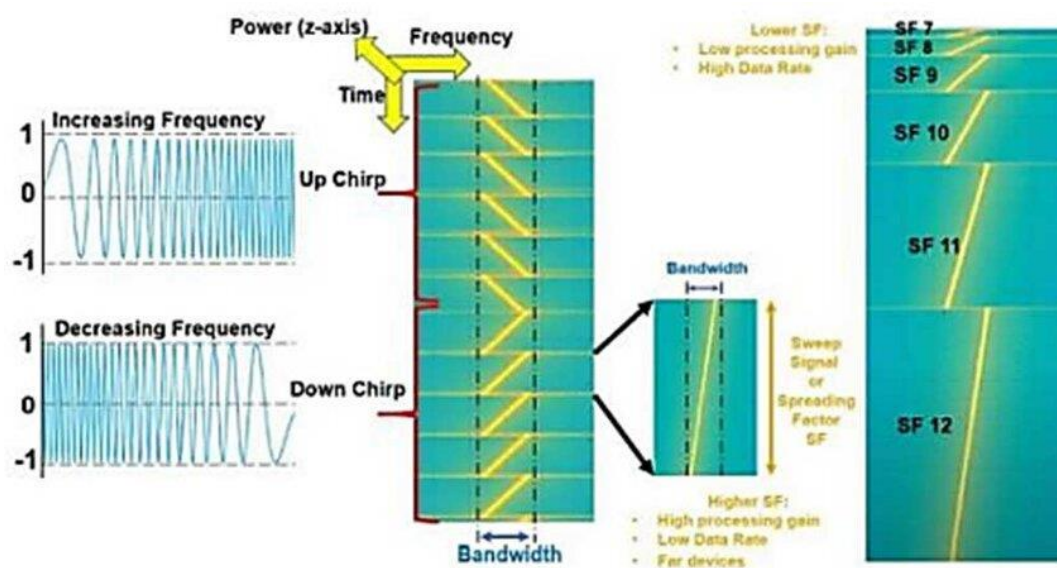


Рисунок 3.3 – Схема розширеного спектру LoRa

Завдяки використанню високого коефіцієнту розповсюдження, може передавати дані невеликої ємності через широкий діапазон радіочастотного спектру. За допомогою технології LoRa можна отримати більший діапазон передачі та відстань при низькій потужності передачі [34].

Дальність зв'язку LoRa може досягати 22 кілометрів [6; 23]. Було б корисно усунути «проблему 1% важкодоступних місць» в мережі інтелектуального обліку, що може заощадити до 50% операційних витрат всієї мережі інтелектуального обліку [2; 23].

Крім того, статистичні дані показують, що кожен інтелектуальний лічильник надсилає лише 48 повідомлень на день і 12 байт на повідомлення [21; 23]. Вимоги до розумного обліку, тобто велика дальність зв'язку і невелике навантаження на мережу, роблять LoRa переважачим вибором для цього сценарію. Для створення «розумного» блоку системи водопостачання використовується модуль бездротового трансивера HPD13A SX1276 LoRa (рис. 3.4).



Рисунок 3.4 – Загальний вигляд модуля бездротового трансивера HPD13A SX1276 LoRa

Окрім того пропонується використовувати мікроконтролер ATmega328 (рис. 3.5).

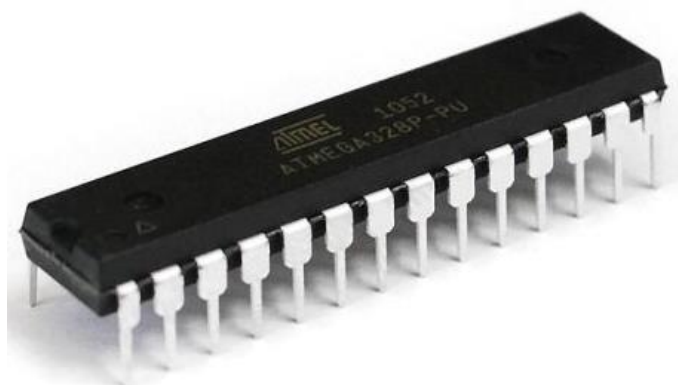


Рисунок 3.5 – Загальний вигляд мікроконтролера ATmega328

Невід'ємною складовою системи обліку води для індивідуального будинку є датчик витрати води YF-S20I (рис. 3.6).



Рисунок 3.6 – Загальний вигляд датчика витрати води YF-S20I

Якщо вам потрібен повноцінний, мініатюрний комп'ютер, який може до того ж взаємодіяти із зовнішнім пристроями, Raspberry Pi цілком влаштовує вимоги до системи обліку водопостачання.

На платі розміром із кредитну картку є все те, що можна знайти у звичайному персональному комп'ютері: процесор, оперативну пам'ять, роз'єми HDMI, USB, Ethernet, аналогові аудіо- та відеовиходи. Крім того, на платі розташовані 40 контактів введення/виведення загального призначення. До них можна підключати периферію для взаємодії із зовнішніми пристроями: виконавчі пристрої – реле і сервомоторів або ж будь-які сенсори; загалом все, що працює від електрики.



Рисунок 3.7 – Загальний вигляд мікрокомп'ютера Raspberry Pi

Штатною операційною системою для Raspberry Pi є Linux. Вона встановлюється на мікро-SD карту, а та, своєю чергою, - у спеціальному слоті на платі.

Окрім того, пропонується використовувати електромагнітний клапан 12V DC ½” для ручного керування та реалізації шлюзу LoRa (рис. 3.8).



Рисунок 3.8 – Загальний вигляд електромагнітного клапана 12V DC ½” для ручного керування та реалізації шлюзу LoRa

Нами також пропонується використовувати хмарний сервер, для зберігання, відправлення та отримання корисного навантаження – The Things Network (TTN) [3].

3.2. Блок-схема та алгоритм системи обліку води для індивідуального будинку

Пропонована система управління водними ресурсами складається з блоку управління, шлюзу шлюзу LoRa, хмарного сервера та мобільного застосунку. Цю систему можна використовувати в міських районах, де розумний лічильник води може бути встановлений у житлових будинках (рис. 3.9).

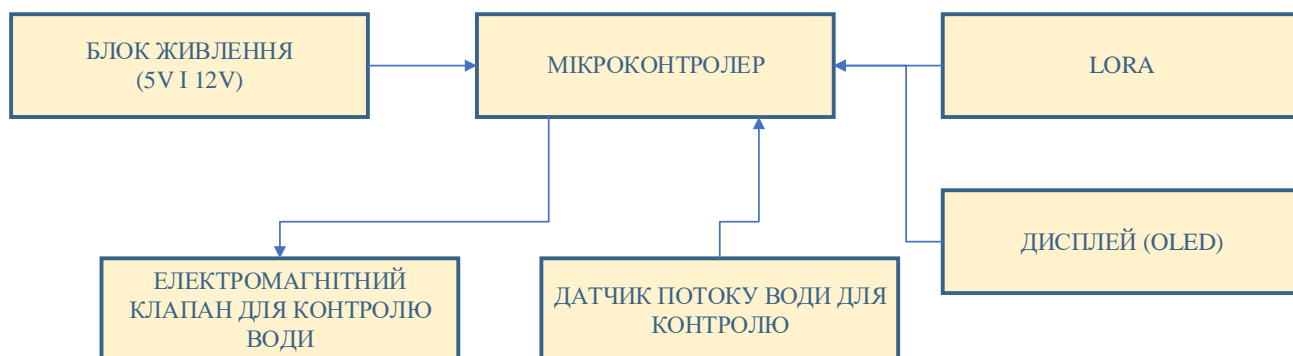


Рисунок 3.9 – Блок-схема системи розумного водопостачання

Дані лічильників води з кожного будинку діють як вузол до шлюзу LoRa. Шлюз LoRa отримує та надсилає дані розумних лічильників води на хмарний сервер «TTN». Тут хмарний сервер діє як централізований сервер, до якого матимуть доступ лише центральні органи влади. Потім сервер зв'язується з мобільним додатком, щоб повідомити користувача на основі використання води, яку він/вона використали в своєму будинку.

Блок-схема системи розумного водопостачання показана на рисунку 3.10.

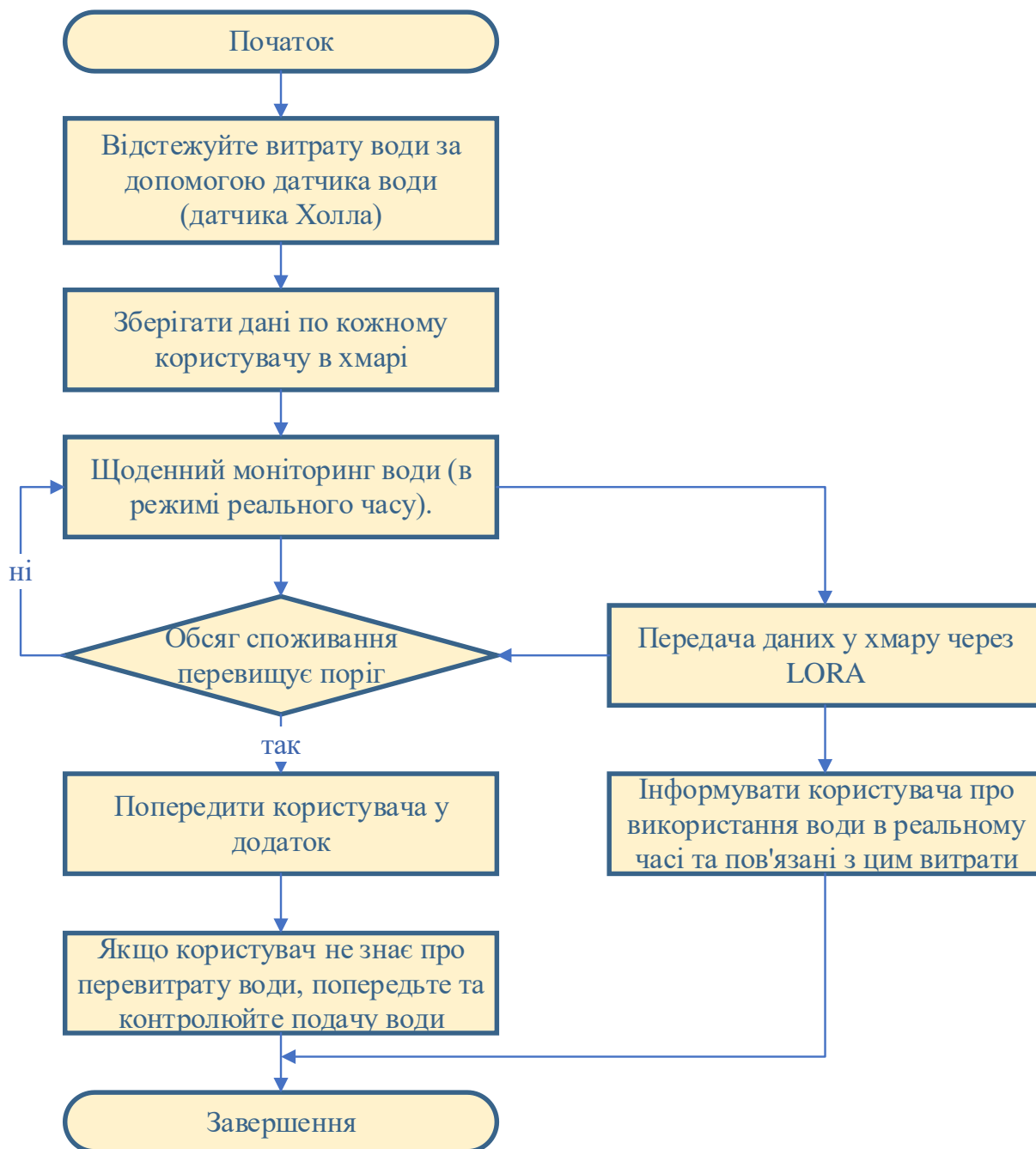


Рисунок 3.10 – Блок-схема системи розумного водопостачання

Якщо споживання перевищує порогове значення щодня або безперервно протягом тривалого часу, користувачеві буде надіслано попередження про штраф разом з можливістю перекрити водопостачання. Поріг встановлюється на основі моніторингу щоденного використання води користувачем, а також з урахуванням додаткової потреби у воді (на основі спеціальних вимог). Нами

обрано та впроваджено в систему лише 1 вузол. Таким чином, розглядаються дані лише 1 будинку.

В якості вузла виступає будинок. Шлюз складається з Raspberry Pi моделі 2B, який налаштований на використання комунікаційного протоколу SPI для зв'язку з модулем HPD13A LoRa, який базується на трансивері SX1276 від Semtech. Шлюз забезпечений підключенням до Інтернету через Ethernet.

Вихідний код компілюється і запускається в Raspberry Pi для підключення шлюзу до мережі; частота роботи налаштовується у вихідному коді, щоб шлюз міг сприймати бажані частоти для конкретного вузла. TTN використовується як хмарний сервіс для збору всіх отриманих шлюзом даних, а tago.io [13] – як агент застосунку для аналізу та представлення даних у спосіб, зрозумілий будь-якому користувачеві.

3.3. Комунікація за допомогою модуля LoRa

Збір і передача даних за допомогою модулів LoRa включає наступні елементи.

Кінцевий пристрій – це точка, де розміщується датчик із вбудованим модулем LoRa. такі пристрої працюють автономно від батарейок. Датчики збирають дані, а потім передають їх на шлюз.

Шлюз – це пристрій, який двонаправлено з допомогою термінальних пристроїв та мережевих серверів. Шлюз спілкується з модулем за допомогою протоколу LoRaWAN і з веб-сервером через Інтернет. Основним завданням цієї системи елементів є збір даних з усіх доступних модулів і передача їх на веб-сервер.

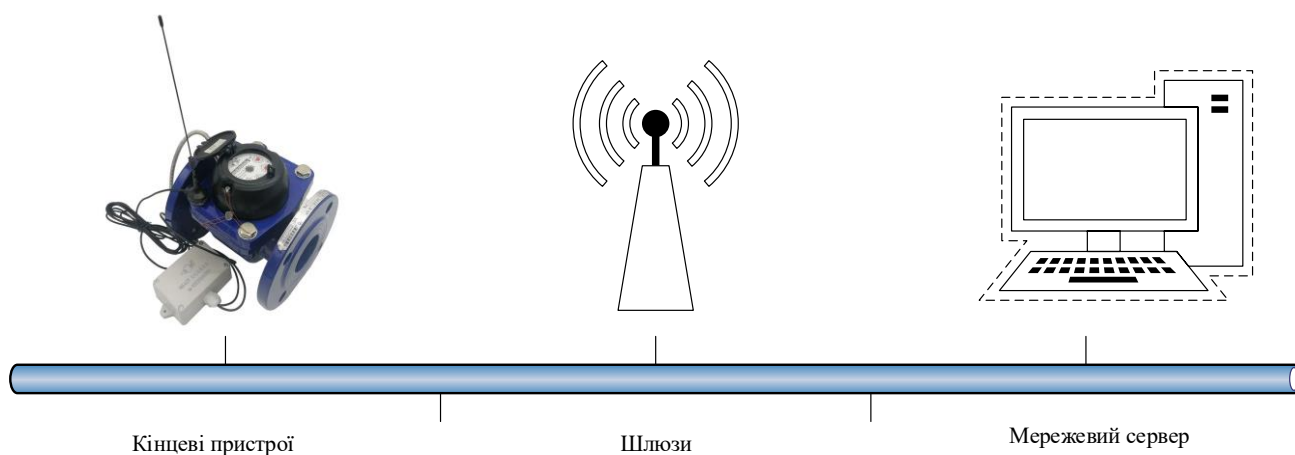


Рисунок 3.11 – Схема збирання та передавання даних із застосуванням модуля LoRa

Веб-сервер – наступний рівень збору та обробки інформації, який взаємодіє з усіма шлюзами системи LoRaWAN.

Мережевий сервер – збирає всі зібрані дані та керує мережею: встановлює оптимальні розклади, регулює швидкість передачі даних, керує зберіганням і обробкою отриманих даних.

Сервер додатків – є кінцевою точкою для збору даних. Сервер додатків також контролює роботу кінцевого пристрою.

Відправлення та отримання пакетів здійснюється за допомогою модуля HPD13A LoRa, який базується на трансивері SX1276 від Semtech.

Для використання Raspberry Pi як шлюзу з LoRa модулем, спочатку потрібно налаштувати Raspberry Pi для роботи з SPI і забезпечити необхідні бібліотеки для взаємодії з LoRa модулем. Ось кроки, які вам потрібно виконати:

Встановлення SPI на Raspberry Pi відбувається наступним чином. Відкрили термінал на Raspberry Pi і ввели наступну команду для встановлення SPI – `sudo raspi-config`.

У меню конфігурації Raspberry Pi вибрано «Interfacing Options», потім «SPI» і увімкнено SPI.

Встановлено бібліотеку WiringPi для роботи з SPI на Raspberry Pi, виконавши наступні команди в терміналі:

```
sudo apt-get update;
sudo apt-get install wiringpi.
```

Після цього відбувається встановлення бібліотеки LoRa для Raspberry Pi. Існує кілька бібліотек LoRa для Raspberry Pi, таких як radiohead або LoRaWAN. Виберіть ту, яка підходить вам за функціональністю та сумісністю з вашим LoRa модулем.

Наступним кроком є підключення LoRa модуля до Raspberry Pi. Підключіть LoRa модуль до GPIO пінів Raspberry Pi відповідно до схеми пінів нашого модуля. Знадобиться зазначити ці піни в вашому програмному коді.

Нами написано програмний код для взаємодії з LoRa модулем на Raspberry Pi.

```

3 import time
4
5 # Налаштування GPIO ліній
6 RESET_PIN = 25
7 SPI_CE = 0
8
9 # Ініціалізація SPI
10 spi = spidev.SpiDev()
11 spi.open(0, SPI_CE)
12 spi.max_speed_hz = 500000
13
14 # Функція для відправлення даних через LoRa модуль
15 def send_message(message):
16     GPIO.output(RESET_PIN, GPIO.LOW) # Скидання модуля
17     time.sleep(1)
18     GPIO.output(RESET_PIN, GPIO.HIGH) # Встановлення модуля
19
20     # Надіслати дані через SPI
21     spi.writebytes(list(message.encode()))
22
23 # Функція для отримання даних з LoRa модуля
24 def receive_message():
25     GPIO.output(RESET_PIN, GPIO.LOW) # Скидання модуля
26     time.sleep(1)
27     GPIO.output(RESET_PIN, GPIO.HIGH) # Встановлення модуля
28
29     # Отримання даних через SPI
30     received_data = spi.readbytes(64)
31     return "".join(chr(byte) for byte in received_data)
32
33 # Головна функція
34 def main():
35     GPIO.setmode(GPIO.BCM)
36     GPIO.setup(RESET_PIN, GPIO.OUT)
37
38     try:
39         while True:
40             # Відправлення повідомлення
41             send_message("Hello, World!")
42             print("Message sent")
43
44             # Затримка перед отриманням відповіді
45             time.sleep(5)
46
47             # Отримання відповіді
48             received_message = receive_message()
49             print("Received message:", received_message)
50
51             # Затримка між ітераціями
52             time.sleep(5)
53
54     except KeyboardInterrupt:
55         GPIO.cleanup()
56
57 if __name__ == "__main__":
58     main()
59

```

Python 3.9.13 (main, Aug 25 2022, 23:51:50) [MSC v.1916 64 bit (AMD64)]
Type "copyright", "credits" or "license" for more information.
IPython 7.31.1 -- An enhanced Interactive Python.
In [1]:

Рисунок 3.12 – Вікно з програмним кодом для взаємодії з LoRa модулем на Raspberry Pi

Використано мову програмування Python, яка підтримується на Raspberry Pi. Це код для ініціалізації SPI та відправлення/отримання даних через LoRa модуль.

Після цього виконано підключення Raspberry Pi до Інтернету через Ethernet або бездротове з'єднання Wi-Fi. Це дозволить шлюзу обмінюватися даними через LoRa мережу і відправляти/отримувати дані через Інтернет.

Виконавши зазначені кроки Raspberry Pi буде готовий виступати в якості шлюзу для LoRa мережі, забезпечуючи зв'язок між вузлами LoRa в будинках та Інтернетом.

3.4. Збирання та налаштування лічильника води

Лічильник води складається з датчика витрати води (датчик Холла), мікроконтролера (ATmega328), OLED-дисплея та LoRa-передавача. Датчики включають датчик потоку води та датчик керування клапаном. Датчики надсилають дані до мікроконтролера ATmega328 для зв'язку по висхідній лінії. Мікроконтролер під час низхідного зв'язку керує датчиками для розрахунку щоденної витрати води, а також перебиває подачу відповідно до запиту користувача.

На OLED-дисплеї в реальному часі відображається кількість води, використаної для обслуговування. До мікроконтролера подається живлення 5В і 12В. Висхідний і низхідний зв'язок продовжується до шлюзу LoRa. Вузол LoRa зв'язується зі шлюзом LoRa за допомогою протоколу LoRa. Електромагнітний клапан працює як механічне реле, яке при спрацьовуванні вмикає або вимикає подачу води. Датчик потоку води заснований на ефекті Холла, який видає цифровий вихід відповідно до швидкості потоку води через витратомір (рис. 3.8).

Датчик витрати води (датчик Холла) представлено на рис. 3.6. Модуль приймача LoRa SX1276 HRPD13A - це модуль виробництва Semtech Corporations. Він працює в ISM-діапазоні частот (а саме 433 МГц, 868 МГц і 915 МГц) і є приймально-передавальним модулем. Підтримуються схеми модуляції FSK, MSK і GMSK.

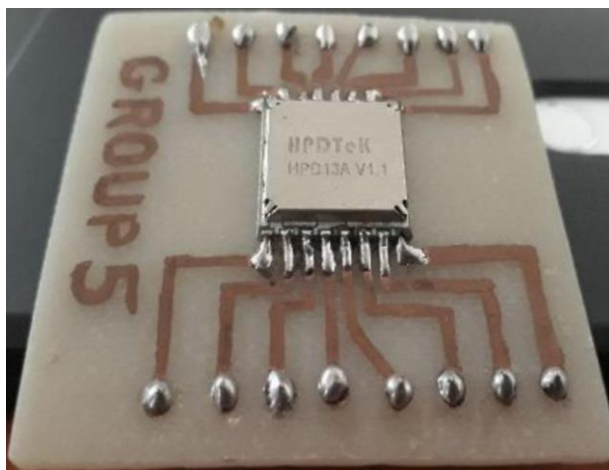


Рисунок 3.13 – Загальний вигляд LoRa SX1276 HD13A

LoRa SX1276 HD13A змонтований на друкованій платі (рис. 3.14). Мікроконтролер ATmega328 використовується через його простоту використання і можливість програмування через IDE, наявність пам'яті програм і вбудованого АЦП.

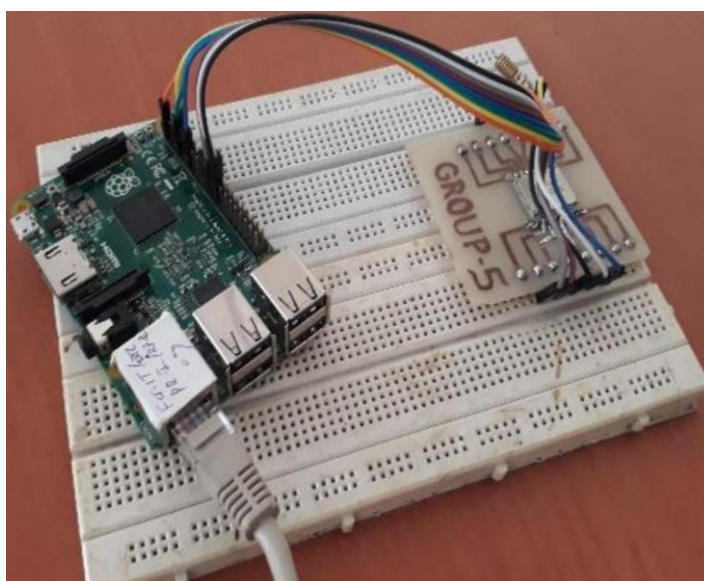


Рисунок 3.14 – LoRa з'єднаний з мікроконтролером

Розумний лічильник, що складається з передавача LoRa (SX1276), датчиків, мікроконтролера (ATmega328) та вихідного дисплея (OLED), розміщується в будинку користувача в місці розташування магістрального водопроводу.

3.5. Налаштування шлюза LoRa

Шлюз LoRa побудований вручну, який включає Raspberry Pi (2B), трансивер LoRa (SX1276- RFM95/ HPD13A) та підключення до Інтернету через Ethernet. Шлюз LoRa утворює міст між вузлом LoRa і хмарним сервером. Шлюзи в межах досяжності вузла LoRa будуть отримувати повідомлення пристрою і пересилати їх в мережу The Things Network. Між Raspberry Pi (2B) і модулем LoRa (SX1276 - HPDA13) використовується протокол зв'язку SPI.

TTN зберігає корисне навантаження і надсилає необхідні дані користувачеві за допомогою декількох інтеграцій додатків на основі IoT. Він взаємодіє зі шлюзом і користувачем для висхідного і низхідного зв'язку. Живлення шлюзу становить 5 В.

Передача та прийом даних за допомогою модуля LoRa здійснювалися на частоті 868 МГц.

Введення/виведення пакетів даних через шлюз LoRa. Одноканальний шлюз LoRa був успішно зібраний вручну за допомогою Raspberry Pi (2B), як показано на рисунку 3.14, і може приймати дані, надіслані вузлом LoRa.

Доставка пакетів на шлюз спостерігалася з приблизною затримкою 30 мс. Шлюз завантажив отримані дані на сервер TTN. Вихідні дані датчика витрати води мають вигляд цифрових імпульсів. Ці імпульси пропорційні швидкості потоку. Таким чином, вимірювання витрати води в реальному часі здійснювалося шляхом підрахунку частоти імпульсів.

РОЗДІЛ 4.

ОХОРОНА ПРАЦІ

Досліджено питання забезпечення безпеки та охорони праці під час розробки системи обліку води для індивідуального будинку. У зв'язку з цим нами проведений аналіз щодо виявлення небезпечних виробничих чинників та умов праці, які можуть негативно вплинути на здоров'я виконавця.

Описані норми та заходи, спрямовані на усунення цих чинників та забезпечення безпеки роботи з обладнанням для нагрівання води. Метою розділу є забезпечення безпеки виконавців в процесі експлуатації розробленої системи обліку води для індивідуального будинку.

4.1. Заходи із гігієни праці та виробничої санітарії

Відповідно до ДСТУ 3.3.6.042-99 під мікрокліматом виробничих приміщень розуміють клімат їхнього внутрішнього середовища, що впливають на організм людини: температура, вологість, швидкість руху повітря і теплові випромінювання. Норми на оптимальні і допустимі значення температури, відносної вологості і швидкості руху повітря встановлюються для робочої зони (робочого місця) приміщень у залежності від періоду року і категорії виконуваних робіт. Крім того, допустимі температури повітря встановлюють різні для постійних і непостійних робочих місць (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Показники мікроклімату в приміщенні для нагрівання води

Період року	Параметр мікроклімату	Параметри мікроклімату відповідно ДСТУ 3.3.6.042-99	
		оптимальні	допустимі
Холодний	Температура, С°	22-24	18-26
	Відносна вологість повітря, %	40-60	75
	Швидкість руху повітря, м/с	0,1	0,1
Теплий	Температура, С°	22-25	18-26
	Відносна вологість повітря, %	40-60	75
	Швидкість руху повітря, м/с	0,1	0-1

Поділ робіт на категорії проводиться в залежності від загальної енерговитрат організму працівника. Відповідно до характеру робіт у відзначеному приміщенні, фізичні роботи середньої важкості (категорія Пб) охоплюють види діяльності, при яких витрата енергії дорівнює 233 - 290 Вт (201-250 ккал/год.).

До категорії Пб належать роботи, що виконуються стоячи, пов'язані з ходінням, переміщенням невеликих (до 10 кг) вантажів та супроводжуються помірним фізичним напруженням. Показники мікроклімату в приміщенні котельні регламентуються ДСТУ 3.3.6.042-99, які наведені в табл. 4.1 окремо для холодного і теплого періодів року.

Дотримання умови мікроклімату в межах норми забезпечується: у холодний період підігрівом приміщення радіаторами з теплоносієм водою, нагрітої до температури 50-80°С, кондиціонуванням; у теплий період Для підтримки оптимальних параметрів мікроклімату в робочій зоні приміщення передбачається:

- автоматизація технологічного процесу (на місцях виміру параметрів установлені датчики, які передають інформацію на щит керування);
- зменшення виділення тепла й вологи за рахунок застосування ізоляції (ізолюючі мати) і фарбування срібlistого кольору;
- опалення виробничих, побутових і допоміжних приміщень (система опалення однострубна з нижнім розведенням);
- видалення надлишкових тепла й вологи за рахунок вентиляції приміщень.

Основним видом вентиляції є природний повітрообмін за рахунок різниці температур. У літній період повітря частково або повністю забирається з котельні вентилятором. У зимовий час частково із приміщень і вулиці, а при температурі -20°C повітря на нагрівання забирається тільки зовні будівлі.

4.2. Заходи із безпечної експлуатації електрообладнання

Проектом передбачається використання водонагрівача із живленням від чотири провідної трифазної (380/220В) мережі із глухозаземленою нейтраллю. Живлення електрообладнання здійснюється від двох незалежних джерел живлення. По ступені небезпеки ураження персоналу електричним струмом приміщення відносяться до особливо небезпечних, бо є декілька факторів підвищеної небезпеки:

- наявність струмопровідних підлог;
- дотик людини до металевих корпусів електроустаткування.

Тяжкість враження електричним струмом залежить від цілого ряду факторів: значення сили струму, електричного опору тіла людини й тривалості протікання через нього струму, роду й частоти струму, індивідуальних властивостей людини й умов навколишнього середовища.

Основним фактором, що обумовлює той або інший ступінь ураження людини, є сила струму. Найбільша небезпека виникає при безпосередньому

проходженні струму через життєво важливі органи людини. Вплив стану навколишнього середовища враховується класифікацією приміщень і умов праці по небезпеці ураження електричним струмом. Напруги, допустимих дотику і струми, що протікають через тіло людини при нормальному (неаварійному) режимі водонагрівача, не повинні перевищувати значень, зазначених у табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Нормовані значення напруги, допустимих дотику і струми, що протікають через тіло людини при нормальному (неаварійному) режимі водонагрівача

Рід струму	$U_{\text{дот}}, \text{В}$	$I_{\text{л}}, \text{мА}$
	не більше	
Змінний, 50 Гц	2,0	0,3
Змінний, 400 Гц	3,0	0,4
Постійний	8,0	1,0

Найпоширенішими технічними засобами захисту є захисне заземлення і занулення. Організаційні й технічні заходи щодо забезпечення електробезпеки полягають, в основному, у відповідному навчанні, інструктажі й допуску до роботи осіб, що пройшли медичний огляд і виконанням ряду технічних заходів при проведенні робіт з електроустановкам, дотриманні додаткових вимог при роботах із частинами, що перебувають під напругою.

4.3. Інструкція з охорони праці під час роботи з електричним водонагрівачем у сімейній молочній фермі

Основні принципи безпеки під час роботи з системою обліку води для індивідуального будинку включають в себе низку заходів.

Ознайомлення з інструкціями та документацією

Перш ніж розпочати роботу з системою обліку води, переконайтеся, що ви ознайомлені з інструкціями користувача та документацією виробника. Дотримуйтеся всіх рекомендацій та вказівок.

Використання відповідного обладнання

Використовуйте тільки рекомендоване обладнання та інструменти під час монтажу, налаштування та обслуговування системи обліку води.

Відключення живлення

Перш ніж проводити будь-які роботи з системою, відключіть живлення. Це запобігає можливості ураження електричним струмом та пошкодженню обладнання.

Захист від води

Уникайте контакту обладнання з водою, якщо це не передбачено виробником. Встановлюйте систему обліку води відповідно до рекомендацій та нормативів безпеки.

Правильна установка

Встановлюйте обладнання відповідно до вимог та стандартів, забезпечуючи необхідну вентиляцію та доступ для обслуговування.

Періодична перевірка

Регулярно перевіряйте стан системи обліку води, виявляйте можливі проблеми та вчасно вживайте заходів щодо їх виправлення.

Безпека проти замерзання

У зимовий період виконуйте заходи з захисту системи від замерзання, якщо це необхідно. Це може включати в себе використання терморегуляторів або ізоляційних матеріалів.

Екстрені ситуації

Знайте місце розташування аварійних вимикачів, кранів та інших елементів, які можуть знадобитися у разі виникнення аварійних ситуацій.

Будьте уважні та обережні під час роботи з системою обліку води, уникайте поспіху та не допускайте недбалості.

Навчання персоналу

Навчіть усіх членів вашої родини або персоналу, як користуватися системою обліку води, та надайте їм необхідні інструкції щодо безпеки.

Ці прості, але важливі кроки допоможуть забезпечити безпечну експлуатацію системи обліку води в вашому будинку.

4.4. Вимоги охорони праці в аварійних ситуаціях

У разі будь-якої несправності в роботі обладнання, а також порушенні захисного заземлення корпусу, необхідно негайно зупинити роботу і відключити обладнання від електромережі. Роботу дозволяється продовжувати тільки після усунення всіх несправностей.

При виникненні короткого замикання і займання обладнання, слід негайно відключити його від електромережі, оповістити про виниклу пожежу до найближчої пожежної частини, повідомити екстрені служби і приступити до ліквідації осередку загоряння за допомогою вогнегасника.

У разі отримання травми слід негайно доповісти про це відповідній посадовій особі, при необхідності, транспортувати постраждалого до найближчого медичного закладу.

При ураженні електричним струмом, необхідно негайно відключити обладнання від електромережі, негайно надати потерпілому першу невідкладну медичну допомогу. При відсутності у потерпілого дихання і пульсу, необхідно зробити йому штучне дихання і/або непрямий масаж серця, реанімаційні заходи необхідно виконувати до повного відновлення дихання і пульсу або до приїзду бригади швидкої допомоги, при необхідності слід направити постраждалого до найближчого медичного закладу.

РОЗДІЛ 5.

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІД РОЗУМНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ВОДИ ДЛЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО БУДИНКУ

Ефективне використання ресурсів, зокрема води, стає все більш важливим завданням. Особливо в індивідуальних будинках, де вода є одним із найцінніших ресурсів. Забезпечення ефективного обліку споживання води може значно зменшити втрати та забезпечити раціональне використання.

Вартість встановлення розумної системи обліку води визначається за формулою:

$$C_{\text{авто}} = C_{\text{пр}} + C_{\text{мон}}, \quad (5.1)$$

де $C_{\text{пр}}$ – вартість пристроїв системи обліку води, грн; $C_{\text{мон}}$ – вартість монтажу системи обліку води, грн.

Вартість використання розумної системи протягом року визначається за формулою:

$$C_u = N \cdot P, \quad (5.2)$$

де N – середньомісячний об'єм споживаної води, м³; P – ціна за одиницю води, грн/м³.

Загальна річна вартість витрат на водопостачання визначається за формулою:

$$C_p = C_i + C_u, \quad (5.3)$$

де C_p – річна вартість витрат на водопостачання, грн.

Розрахунок економічного ефекту проводиться за формулою:

$$E_e = C_{\bar{o}} - C_c, \quad (5.4)$$

де $C_{\bar{o}}$ – річні витрати на водопостачання без розумної системи обліку води, грн; C_c – річні витрати на водопостачання із розумною системою обліку води, грн.

Термін окупності розумної системи обліку води визначається за формулою:

$$T_o = \frac{C_i}{E_e}, \quad (5.5)$$

де C_i – вартість встановлення розумної системи обліку води, грн; E_e – економічний ефект, грн.

Нехай вартість приладів системи обліку води складає $C_{np}=2000$ грн, а вартість монтажу – $C_{мон}=800$ грн. Середньомісячний об'єм споживаної води - 20 м^3 , а ціна за м^3 води - 15 грн/м^3 .

Вартість встановлення розумної системи обліку води становить:

$$C_{авто} = 2000 + 800 = 2800 \text{ грн.}$$

Вартість використання розумної системи протягом місяця:

$$C_u = 20 \cdot 15 = 300 \text{ грн / міс.}$$

Загальна вартість витрат на водопостачання у рік становить:

$$C_p = 2800 + 300 \cdot 12 = 6400 \text{ грн.}$$

З розрахунків видно, що встановлення розумної системи обліку води може бути вигідним з економічної точки зору у довгостроковій перспективі, оскільки дозволяє ефективно контролювати та оптимізувати витрати на водопостачання.

Економічного ефекту проводиться за формулою:

$$E_e = 7200 - 6400 = 800 \text{ грн.},$$

Термін окупності розумної системи обліку води становить:

$$T_o = \frac{2800}{800} = 3,5 \text{ років.}$$

З розрахунків видно, що встановлення розумної системи обліку води для індивідуального будинку відбувається вперше і становить 2800 грн, що виявиться ефективним кроком у довгостроковій перспективі. Окупність такої інвестиції настає за близько 3.5 року, після чого власник будинку може спостерігати значний економічний ефект від зменшення витрат на воду.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

Виконана кваліфікаційна робота присвячена розробці розумної системи обліку води для індивідуального будинку. Впровадження запропонованої розробки розумної системи обліку води для індивідуального будинку відкриває нові можливості для підвищення ефективності та якості використання водних ресурсів для сучасних житлових будинків.

Нами проаналізовано вимоги до приладів обліку води у індивідуальних будинках. Встановлено, що інтелектуальні лічильники води можна використовувати для виявлення втрат води через витіки та для визначення потенційної економії води, якщо вжити заходів щодо її усунення. Їх використання також може вплинути на зміну поведінки споживачів води в напрямку кращих методів збереження води.

Проаналізовано схеми підключення імпульсних лічильників води до Smart-MAC D10. Кожна із них має свої переваги та недоліки. Інтернет речей (IoT) та інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) можуть допомогти зберегти доступні водні ресурси. Розумні міста застосували IoT для підвищення продуктивності та ефективності міських об'єктів. Наприклад, більшість визначень розумних міст схиляються до ролі ІКТ.

Інтелектуальний облік води охоплює два точні елементи: лічильники, які використовують сучасні технології для збору даних про використання води та системи зв'язку, які можуть збирати та передавати інформацію про використання води в реальному часі.

На даний час зростає свідомість населення щодо використання природних ресурсів та стійкого розвитку. При цьому важливо звертати увагу на ефективне використання водних ресурсів. Системи обліку води для індивідуальних будинків є не лише практичними, але й екологічною необхідністю. Нижче наведено обґрунтування доцільності їх розробки та використання.

Розробка та використання систем обліку води для індивідуальних будинків є доцільною з практичної, економічної та екологічної точок зору.

Вони сприяють ефективному використанню водних ресурсів, контролю витрат та збереженню довкілля.

Розглянуті типові схеми роботи автоматичного знімання показів приладів обліку витрат ресурсів, у нашому випадку лічильників води. У квартирах споживачів встановлюються автоматичні прилади обліку. Це якраз і є ті самі «розумні лічильники». Розумний лічильник – це лічильник, забезпечений спеціальним електронним блоком із бездротовим модулем для зв'язку з «базовою станцією» постачальника послуг.

Обґрунтовано, що автоматично передавати покази можуть не тільки розумні лічильники. Зокрема, це стосується розумних лічильників, зовнішніх контролерів для лічильників з імпульсним виходом та зовнішніх контролерів з оптичним розпізнаванням. Нами детально розглянуто кожен з них.

Для розумної системи обліку води у нашій роботі пропонується використовувати LoRa, вона дозволяє центральним системам водопостачання управляти ресурсами за допомогою розумної та автоматизованої системи. У житлових районах та установах будуть встановлені датчики і підключені через домашні шлюзи на основі LoRa або загальнодоступної мережі LoRaWAN. Вимога до пропускну здатності LoRa становить близько 5,5 кбіт/с, а отже, вона стає ідеальним середовищем зв'язку для додатків з низьким енергоспоживанням і низьким обсягом даних.

Для створення «розумного» блоку системи водопостачання пропонується використовувати модуль бездротового трансивера HPD13A SX1276 LoRa (рис. 3.4). Окрім того пропонується використовувати мікроконтролер ATmega328 (рис. 3.5). Невід'ємною складовою системи обліку води для індивідуального будинку є датчик витрати води YF-S20I (рис. 3.6). Також пропонується використовувати мініатюрний комп'ютер Raspberry Pi, який може до того ж взаємодіяти із зовнішніми пристроями, цілком влаштовує вимоги до системи обліку водопостачання.

Пропонована система управління водними ресурсами складається з блоку управління, шлюзу шлюзу LoRa, хмарного сервера та мобільного застосунку.

Цю систему можна використовувати в міських районах, де розумний лічильник води може бути встановлений у житлових будинках (рис. 3.9). Дані лічильників води з кожного будинку діють як вузол до шлюзу LoRa. Шлюз LoRa отримує та надсилає дані розумних лічильників води на хмарний сервер «TTN». Нами розроблена блок-схема системи розумного водопостачання показана на рисунку 3.10.

Збір і передача даних за допомогою модулів LoRa включає наступні елементи: кінцевий пристрій, Шлюз, Веб-сервер, Мережевий сервер та Сервер додатків. Відправлення та отримання пакетів здійснюється за допомогою модуля HPD13A LoRa, який базується на трансивері SX1276 від Semtech.

Нами здійснено підключення LoRa модуля до Raspberry Pi. Також написано програмний код для взаємодії з LoRa модулем на Raspberry Pi. Використано мову програмування Python, яка підтримується на Raspberry Pi. Це код для ініціалізації SPI та відправлення/отримання даних через LoRa модуль.

Нами здійснено збирання та налаштування лічильника води. Розумний лічильник, що складається з передавача LoRa (SX1276), датчиків, мікроконтролера (ATmega328) та вихідного дисплея (OLED), розміщується в будинку користувача в місці розташування магістрального водопроводу. Окрім того виконано налаштування шлюза LoRa.

Досліджено питання забезпечення безпеки та охорони праці під час розробки системи обліку води для індивідуального будинку. У зв'язку з цим нами проведений аналіз щодо виявлення небезпечних виробничих чинників та умов праці, які можуть негативно вплинути на здоров'я виконавця.

На підставі проведених розрахунків видно, що встановлення розумної системи обліку води для індивідуального будинку відбувається вперше і становить 2800 грн, що виявиться ефективним кроком у довгостроковій перспективі. Окупність такої інвестиції настає за близько 3.5 року, після чого власник будинку може спостерігати значний економічний ефект від зменшення витрат на воду.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бондаренко М. П. Основи автоматичного управління: Навчальний посібник. К.: Видавничий центр «Академія», 2006. 320 с.
2. Відносини з інвесторами. URL: <http://investors.semtech.com>
3. Глобальна спільна екосистема Інтернету речей, яка створює мережі, пристрої та рішення за допомогою LoRaWAN. URL: www.thethingsnetwork.org
4. Гринь О.М., Іванов В.І., Кохан Б.А. Системи автоматичного управління: Навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. 422 с.
5. Джерело І. І. Автоматизація технологічних процесів та виробництва: підручник. Х.: Видавництво «Фактор», 2011. 272 с.
6. Знайомтеся зі Smart Spot. Революція для розумних міст! URL: www.libelium.com
7. Ключко Ю.І. Розробка інтелектуальної системи керування освітленням “розумного будинку” / Ю.І. Ключко, Б.М. Злотенко // Технології та дизайн. – 2015. – № 2. – С. 36-42.
8. Курган Б.І., Калиниченко В.П. Автоматизація технологічних процесів сільськогосподарського виробництва: Навчальний посібник. К.: Видавництво «Українські технології», 2010. 320 с.
9. Лагунова І.А., Кузьмін О.В., Цибульський Р.Б. Теорія автоматичного регулювання: підручник. Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2013. 478 с.
10. Лемішка, О. М. Організація охорони праці в умовах автоматизації виробничих процесів : навчальний посібник. Київ : Видавничий дім «Слово», 2018. 256 с.
11. Методичні вказівки з охорони праці при використанні автоматизованих систем управління : посібник. Відп. за вип. М. М. Ковальов, А. М. Савченко. Харк. політехн. ін-т, Каф. АСУ. Харків : ХПІ, 2010. 52 с.

12. Методичні рекомендації з охорони праці при автоматизації технологічних процесів: навчальний посібник. Укр. держ. ун-т харчових технологій ; уклад. О. Ю. Гончар, В. О. Лабунець, О. І. Лембіна та ін. Київ : Українська державна академія харчових технологій, 2016. 104 с.

13. Приєднуйтесь до платформи IoT. URL: www.tago.io

14. Рожков П. П. Контроль та облік електричної енергії: конспект лекцій (для студентів денної та заочної форм навчання освітнього рівня «магістр» за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітні програми «Електротехнічні системи електроспоживання» та «Електротехнічні системи електроспоживання (освітньо-наукова)») / П. П. Рожков, С. Е. Рожкова. – Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 107 с.

15. Anto Merline Manoharan, Vimalathithan Rathinasabapathy. Smart water quality monitoring and metering using Lora for smart villages. Published 2018 2nd International Conference on Smart Grid and Smart Cities (ICSGSC).

16. Boyle, T.; Giurco, D.; Mukheibir, P.; Liu, A.; Moy, C.; White, S.; Stewart, R. Intelligent Metering for Urban Water: A Review. Water 2013, 5, 1052–1081.

17. Britton, T.C.; Stewart, R.A.; O’Halloran, K.R. Smart metering: Enabler for rapid and effective post meter leakage identification and water loss management. J. Clean. Prod. 2013, 54, 166–176.

18. Chudzicki, J.; Sosnowski, S. Instalacje Wodociągowe: Projektowanie, Wykonanie, Eksploatacja. Wyd. 3; Wydawnictwo Seidel-Przywecki: Warszawa, Poland, 2011.

19. European Commission. Directive 2014/32/EU of the European Parliament and of the Council, of 26 February 2014, on Measuring Instruments; European Commission: Brussels, Belgium, 2014.

20. Fikejz, J.; Rolecek, J. Proposal of a smart water meter for detecting sudden water leakage. In Proceedings of the 2018 ELEKTRO, Mikulov, Czech Republic, 21–23 May 2018.

21. IoTDay. URL: <https://iotday.org/>
22. Lorenzo Vangelista, Andrea Zanella, and Michele Zorzi. Long-range IoT technologies: The dawn of LoRaTM. LNICST 159, 2015, pp. 51–58.
23. M Suresh, U. Muthukumar, Jacob Chandapillai, “A Novel Smart Water-Meter based on IoT and Smartphone App for city distribution management,” published 2017 IEEE Region 10 Symposium (TENSYPMP).
24. Moahloli, A.; Marnewick, A.; Pretorius, J.H.C. Domestic water meter optimal replacement period to minimize water revenue loss. *Water SA* 2018, 45, 165–173.
25. Monks, I.; Stewart, R.A.; Sahin, O.; Keller, R. Revealing unreported benefits of digital water metering: Literature review and expert opinions. *Water* 2019, 11, 838.
26. Morote, Á.F.; Hernández-Hernández, M. Unauthorised domestic water consumption in the city of Alicante (Spain): A consideration of its causes and urban distribution (2005–2017). *Water* 2018, 10, 851.
27. Nansong Wu, Muhammad Khan. LoRa-based Internet-of-Things: A water quality monitoring system. Published 2019 SoutheastCon.
28. National Measurement Institute [NMI]. NMI R 49-2, Water Meters Intended for the Metering of Cold Potable Water and Hot Water Part 2: Test Methods; National Measurement Institute [NMI]: Sydney, Australia, 2009.
29. Ociepa-Kubicka, A.; Wilczak, K. Water Loss Reduction as the Basis of Good Water Supply Companies Management. *E3S Web Conf.* 2017, 19, 02015.
30. Polish Committee for Standardization. PN-EN 14154: 2007. Wodomierze cz. I—wymagania ogólne; Polish Committee for Standardization: Warsaw, Poland, 2007.
31. Stewart, R.A.; Willis, R.; Giurco, D.; Panuwatwanich, K.; Capati, G. Web-based knowledge management system: Linking smart metering to the future of urban water planning. *Aust. Plan.* 2010, 47, 66–74.
32. Tuz, P. Dobór średnicy wodomierza—Wytyczne dla Budynków Wielolokalowych i Jednorodzinnych. Available online: www.zgkczernica.pl

33. Yao Cheng, Hendra Saputra, Leng Meng Goh, Yongdong Wu, “Secure Smart Metering based on LoRa technology,” published 2018 IEEE 4th International Conference on Identity, Security, and Behavior Analysis (ISBA).

34. Yuezhong Li, Lingyuan Zeng, Xiaoqiang Yan, Hualing Wu. Research on water meter reading system based on LoRa communication. Published 2017 IEEE International Conference on Smart Grid and Smart Cities (ICSGSC).