

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

магістра

на тему: **Комп'ютеризована система для вимірювання витрати
води на промисловому підприємстві**

Виконав: студент 2 курсу, групи ІВТ-2м

Спеціальності: 175 «Інформаційно-
вимірювальні технології»

Тимощук Михайло Валерійович

(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., професор

Подчашинській Юрій Олександрович

(науковий ступінь, вчене звання, посада, прізвище та ініціали)

Рецензент:

(науковий ступінь, вчене звання, посада, прізвище та ініціали)

Житомир – 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки
Спеціальність 175 «Інформаційно-вимірювальні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри інформаційно-
 вимірювальних технологій
 д.т.н., професор Подчашинський Ю.О.

« 14 » листопада 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра

Студент Тимощук Михайло Валерійович

1. Тема роботи: Комп'ютеризована система для вимірювання витрати води на промисловому підприємстві

Керівник роботи: д.т.н., професор Подчашинський Юрій Олександрович

затверджена наказом по університету від « 14 » листопада 2024 р. № 654/с

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедру « 23 » грудня 2024р.

3. Вихідні дані до роботи Вимірювання витрати води, вмикання/вимикання функції комп'ютеризованої системи, вивід вимірюваних значень об'єму води на дисплей; передача вимірюваних даних витрати води на відстань; галузь застосування електротехніка та електроніка, комп'ютеризовані інформаційно-вимірювальні технології

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці) огляд та аналіз існуючих методів вимірювання витрати води, розробка структурної схеми системи, вибір технічних засобів вимірювальної системи, розробка алгоритму та програми для вимірювальної системи та обробки вимірювальної інформації, оцінка вимірюваних значень витрати води та розрахунок метрологічних характеристик системи

5. Перелік графічного матеріалу

структурна схема вимірювань, принципова схема вимірювальної системи, блок-схема алгоритму роботи вимірювальної системи

6. Консультанти кваліфікаційної роботи магістра із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-2	Подчашинській Ю.О.		
3-4	Подчашинській Ю.О.		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд та аналіз існуючих пристроїв вимірювання витрати води	14.11.24 – 17.11.24	Виконано
2	Формулювання завдання роботи	18.11.24 – 19.11.24	Виконано
3	Вибір методу вимірювань витрат води	20.11.24 – 23.11.24	Виконано
4	Розробка структурної схеми	24.11.24 – 25.11.24	Виконано
5	Вибір технічних засобів вимірювальної системи	26.11.24 – 28.11.24	Виконано
6	Розробка алгоритму та програми роботи	29.11.24 – 30.11.24	Виконано
7	Розробка програми оцінки метрологічних характеристик	1.12.24 – 11.12.24	Виконано
8.	Проведення експерименту з виміряними даними витрати води	12.12.24 – 14.12.24	Виконано
9	Оформлення пояснювальної записки та презентації	15.12.24 – 23.12.24	Виконано

Студент

Тимошук М.В.

(підпис)

Керівник роботи

Подчашинській Ю.О.

(підпис)

АНОТАЦІЯ

В даній кваліфікаційній роботі розроблено комп'ютеризовану систему для вимірювання витрати води на промисловому підприємстві.

В першому розділі роботи були розглянуті існуючі рішення вимірювання витрати води.

В другому розділі розглянуті методи вимірювання витрати води та обраний вихровий метод вимірювання витрат рідини. Обґрунтовані складові системи та побудована структурна схема.

В третьому розділі були обрані складові вимірювальної системи витрати води та побудована принципова схема. Розроблена друкована плата.

В четвертому розділі була розроблена блок-схема алгоритму для роботи вимірювальної системи та відповідна програма для мікропроцесору. Також розроблена програма для оцінювання виміряних значень.

Ключові слова: мікропроцесор, вихровий метод, датчик витрат рідини, похибки визначення вимірювань, інформаційно-вимірювальні системи.

ABSTRACT

In this qualification work, a computerized system for measuring water flow at an industrial enterprise was developed.

In the first section of the work, existing solutions for measuring water flow were considered.

In the second section, methods for measuring water flow were considered and a vortex method for measuring liquid flow was selected. The components of the system were justified and a structural diagram was built.

In the third section, the components of the water flow measurement system were selected and a schematic diagram was built. A printed circuit board was developed.

In the fourth section, a block diagram of the algorithm for the operation of the measuring system and a corresponding program for a microprocessor were developed. A program for evaluating measured values was also developed.

Keywords: microprocessor, vortex method, liquid flow sensor, measurement errors, information and measuring systems.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ ВОДИ....	11
1.1.Огляд існуючих рішень вимірювання витрати води.....	11
1.2. Опис існуючих методів вимірювання витрати води.....	17
1.3. Формулювання завдань, що вирішуються в роботі.....	22
Висновки до 1 розділу.....	23
2. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ.....	24
2.1.Фізичні принципи вимірювання вихрового методу вимірювання витрат речовини.....	24
2.2. Обґрунтування побудови структурної схеми.....	27
2.3. Обґрунтування мікропроцесору.....	28
2.4.Обґрунтування вибору wi-fi модуля.....	29
2.5. Обґрунтування вибору датчика потоку води.....	32
2.6. Обґрунтування вибору датчика температури.....	35
2.7. Обґрунтування вибору дисплея.....	37
2.8. Обґрунтування вибору кнопки.....	39
2.9. Обґрунтування вибору світлової сигналізації.....	41
2.10. Обґрунтування вибору живлення.....	44
2.11. Структурна схема.....	45
Висновки до 2 розділу.....	46
3. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....	47
3.1. Вибір мікропроцесору.....	47
3.2. Вибір wi-fi модуля.....	51
3.3. Вибір стабілізатора напруги.....	53
3.4.Вибір датчика витрати води.....	54
3.5. Вибір датчика температури.....	56
3.6. Вибір дисплею.....	58
3.7. Вибір елемента комутації.....	59
3.8. Вибір світлової сигналізації	60
3.9. Вибір блока живлення.....	61
3.10. Побудова електрично-принципової схеми.....	62
3.11.Розробка друкованої плати.....	63
Висновок до 3 розділу.....	66
4.РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АЛГОРИТМІЧНОГО ТА МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ.....	67
4.1.Розробка алгоритму.....	67
4.2.Розробка програми для мікропроцесору.....	69
4.3. Розробка програми для веб-сторінки.....	70
4.4.Методи програмно-алгоритмічної обробки вимірювальної інформації.....	71
Висновок до 4 розділу.....	78
ВИСНОВКИ.....	79

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	80
ДОДАТКИ.....	84
Додаток А.....	85
Додаток Б.....	89
Додаток В.....	91
Додаток Г.....	93
Додаток Д.....	94

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АКБ – акумуляторні батареї

АЦП – аналогово-цифровий перетворювач

ДП – друкована плата

ЕМД – електромагнітний датчик витрати

ЕРС – електромагнітний витратомір

КІВС – комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система

МК – мікроконтролер

ОЗП – оперативно-запам'ятовуюча пам'ять

ПВ – перетворювач вторинний

ПЗП – постійно запам'ятовуюча пам'ять

СКВ – середнє квадратичне відхилення

ВСТУП

Актуальність теми. У зв'язку зі зростанням тарифів на воду для промислових підприємств, питання економії водних ресурсів стає все важливішим. Ефективна економія можлива лише при постійному контролі споживання води за допомогою спеціальних лічильників.

Хоча на ринку представлено багато типів витратомірів, більшість з них показують дані лише на власному дисплеї. Це створює незручності на виробництві, оскільки пристрої часто встановлені у важкодоступних місцях, що ускладнює зчитування показників. Також оператору не зручно постійно бігати та записувати дані. А ситуація вимагає постійного моніторингу витрати води на підприємстві.

Для вирішення цієї проблеми пропонується впровадити автоматизовану систему дистанційного зчитування та передачі даних з витрати води на підприємстві. Така комп'ютеризована система дозволить ефективно контролювати витрати води на підприємстві без необхідності фізичного доступу до приладів обліку.

Отже, актуальність розробки комп'ютеризованої системи для вимірювання витрати води на промисловому підприємстві полягає в високоточних вимірювань витрати води, температури та дати та передачу вимірних даних дистанційно на веб-сторінку.

Метою даної роботи є розробка нової комп'ютеризованої системи для вимірювання витрати води на промисловому підприємстві з розширеними технічними та підвищеними метрологічними характеристиками.

Для досягнення даної мети необхідно вирішити наступні задачі:

- вибір контрольованого параметра і розробка на його основі структури KIBC для вимірювання витрати води;
- розробка структурної та принципової схеми комп'ютеризованої системи вимірювання витрати води;
- розробка блок-схеми алгоритму та програми забезпечення вимірювання витрати воду;

– розробка метрологічного забезпечення КІВС шляхом експериментального підтвердження метрологічних похибок виміряних значень витрат води.

Об'єкт дослідження – процеси вимірювання витрати води на промисловому підприємстві.

Предмет дослідження – комп'ютеризована система для вимірювання витрати води на промисловому підприємстві.

Методи дослідження базуються на аналітичному виведенні рівнянь математичної моделі вимірювального каналу, використанні методів визначення витрати води, використанні обчислювальних блоків у вимірювальному каналі, застосуванні методів комп'ютерного моделювання з наступною статистичною обробкою отриманих результатів.

Наукова новизна даної роботи полягає в:

- 1) Удосконалено структурну схему комп'ютеризованої системи для вимірювання витрати води на промисловому підприємстві;
- 2) Удосконалено програмно-алгоритмічний метод визначення витрати води на основі чисельного обрахунку та дистанційного виводу на веб-сторінку.

Практична цінність даної роботи полягає в:

- 1) вибрано сучасну елементну базу системи для вимірювання витрати води;
- 2) розраховано метрологічні характеристики комп'ютеризованої системи для вимірювання витрати води;
- 3) пропонується додати до схеми wi-fi модуль та створити веб-сторінку, що дозволить передачу виміряних даних витрати води на відстань безконтактним шляхом.

Структура та обсяг роботи. Дана робота складається з анотації, вступу, 3 основних розділів, висновків, переліку використаних літературних джерел та додатку. Робота викладена на 83 сторінках основного тексту і містить 26 рисунків, 4 таблиці та 30 джерел.

Публікації. За темою кваліфікаційної магістерської роботи було опубліковано 1 тези науково-практичної конференції:

1. Лугових О.О., Тимощук М.В. Комп'ютеризована система для вимірювання витрати води на промисловому підприємстві. Тези Всеукраїнської науково-практичної онлайн-конференції аспірантів, молодих учених та студентів, присвяченої Дню науки, 15–19 травня 2023 року. Житомир: «Житомирська політехніка», 2023. С. 95-96. URL: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/06/2-tendentsiyi-rozvytku.pdf>.

1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ ВОДИ

1.1.Огляд існуючих рішень вимірювання витрати води

Існує багато приладів для вимрювання витрати рідини. Розглянемо найпопулярніші з них.

Модель 5700 – покращений перетворювач польового монтажу представлений на рис.1.1.



Рис. 1.1. Коріолісовий перетворювач Micro Motion 5700

Удосконалений коріолісовий перетворювач Micro Motion моделі 5700, призначений для польового монтажу, забезпечує повну достовірність вимірювань, надає повну інформацію про процес та підвищує продуктивність. Ця масштабована платформа ідеально підходить для відповідальних завдань, наприклад, комерційний облік у резервуарах, дозування та багатофазний вимірювання та вимірювання концентрації, а також пропонує гнучку конфігурацію виходів Ethernet (EtherNet/IP, PROFINET, Modbus TCP), FOUNDATION Fieldbus та традиційних аналогових виходів.

Технічні особливості:

1. Висока швидкість обробки забезпечує оптимальну продуктивність навіть при вирішенні найважчих завдань, таких як перевірка вимірювальних приладів, налив, дозування та формування партій

2. Архів даних містить великий обсяг інформації про події технологічного процесу, якість середовища та стабільність вимірювань за довгі та короткі періоди часу.

3. Можливість використання до п'яти каналів входу/виходу, що настраюються, дозволяє відстежувати більше вимірювань технологічного процесу з одного пристрою

4. Наш інструмент для діагностики в реальному часі Smart Meter Verification (SMV) перевіряє працездатність вимірювального приладу від цілісності електроніки до стану вимірювальних трубок менш ніж за 90 секунд.

5. Високоточне вимірювання щільності знижує або повністю виключає втрати технологічного процесу за рахунок проведення надійних вимірювань якості середовища.

6. Новий засіб перевірки нуля забезпечує достовірність встановлення нуля вимірювального приладу та здійснює аналіз умов технологічного процесу для визначення потенційних проблем, що призводять до повторного встановлення нуля.[1]

Витратомір Rosemount 3051SFC представлений на рис.1.2.



Рис.1.2. Витратомір Rosemount 3051SFC

Витратоміри на базі діафрагм Rosemount серії 405 призначені для вимірювання витрати рідин, газів, пари та передачі отриманої інформації для технологічних цілей та обліково-розрахункових операцій.

Основні переваги:

- інтегральна конструкція витратоміра виключає потреба в імпульсних лініях та додаткових пристроях, скорочує кількість потенційних місць витоків середовища;
- мінімальна довжина прямолінійних ділянок трубопроводу 2 Ду до та 2 Ду після місця встановлення витратоміра на базі діафрагми Rosemount 405C (стабілізуючою) значно спрощує монтаж та скорочує витрати;
- багатопараметричний перетворювач 3051SMV у складі витратомірів забезпечує обчислення миттєвого масового витрата рідини, пара, газу об'ємної витрати газу, наведеної до стандартних умов.

Області застосування: хімічна, нафтохімічна, нафтова, газова, харчова, фармацевтична та ін галузі промисловості.

Технічні характеристики:

- Міжповітряний інтервал – 4 роки;
- Вимірювані середовища: рідина, газ, пара;
- Температура вимірюваного середовища: 40...232°C (інтегральний монтаж датчика); 100...454°C (віддалений монтаж датчика імпульсними лініями);
- Надлишковий тиск у трубопроводі до 10 МПа;
- Умовний прохід трубопроводу: Ду 15 ... 300 (діафрагма Rosemount 405P); Ду 50...300 (діафрагма Rosemount 405C);
- Межі вимірів витрати розраховуються для конкретного застосування;
- Динамічний діапазон 8:1, 10:1, 14:1;
- Основна відносна похибка вимірів витрати до $\pm 0,7\%$;
- Вихідний сигнал: 4-20 мА/HART, бездротовий WirelessHART;
- Наявність вибухозахищеного виконання. [2]

TUF2000B витратомір ультразвуковий представлений на рис.1.3.



Рис.1.3. TUF2000B витратомір ультразвуковий

TUF2000B ультразвуковий витратомір, що підтримує широку номенклатуру накладних і врізних датчиків потоку рідини, забезпечує надійний вимір швидкості та об'ємної витрати рідини. Завдяки великій номенклатурі датчиків охоплюється діапазон діаметрів труб від 15 до 6000 мм і температур від -30°C до 160°C (потрібно вибрати відповідний датчик).

Ультразвуковий витратомір TUF2000B призначений для проведення технологічних вимірювань об'ємної витрати та швидкості руху рідини у трубопроводах, а також виконання функцій лічильника теплової енергії при підключенні температурних датчиків СТ1.

Конструктивно витратомір TUF2000B виконаний в пило-вологозахищеному корпусі (клас захисту IP67), що гарантує повний захист від проникнення пилу і вологи, допускаючи при цьому короткочасне занурення витратоміра у воду на глибину до 1 метра, накладні датчики мають захист IP68 під водою на глибині до 2-х метрів (при монтажі потрібно залити контактну групу силіконом або іншим герметиком).

Технічні характеристики:

- Виконання витратоміра: стационарний;
- Діаметр: DN 15-25mm, DN 25-100mm, DN 50-700mm, DN 300-6000mm;
- Температура: от -30°C до 90°C , от -30°C до 160°C . [3]

Електромагнітний витратомір ЕРС представлений на рис.1.4.



Рис.1.4. Електромагнітний витратомір ЕРС

Витратомір електромагнітний ЕРС призначений для вимірювання та обліку об'ємної витрати електропровідної рідини, що проходить через трубопровід. Електромагнітні витратоміри ЕРС використовуються в харчовій, хімічній, фармацевтичній галузях промисловості, а також у багатьох інших, де використовується струмопровідна рідина з мінімальною провідністю >50 мкСм/см.

Витратоміри ЕРС повністю замінюють витратоміри, які раніше виготовлялися витратоміри ЕРС-50.

Технічні характеристики:

- Межі допустимого значення основної похибки при вимірюванні: об'єму - $\pm 0,2\%$ від вимірюваного значення; витрати - $\pm 0,2\%$ від верхньої межі діапазону вимірювання.
- Верхня межа ДУ-50 діапазону вимірювання середньої об'ємної витрати – 40 м³/година.
- Діаметр умовного проходу - 15, 25, 32, 50, 80 мм.
- Ступінь захисту - IP68.
- Напруга живлення – 24 В.

- Споживана потужність – не більше 25 Вт.
- Максимальна температура миючої середовища – 120 ° С.
- Гарантійний термін експлуатації – 36 місяців.
- Габаритні розміри, не більше: ЕМП – 230x160x190 мм; ПВ – 260x160x110 мм.

Електромагнітний витратомір ЕРС (ЕРС-15, ЕРС-32, ЕРС-50) складається з електромагнітного датчика витрати (ЕМД) і електронного перетворювача вторинного (ПВ).

Електромагнітний датчик витрати та електронний перетворювач виготовляються як єдиний виріб.

Прилад ЕРС забезпечує високу точність вимірювань поточного і сумарного обсягу в літрах, середньої об'ємної витрати в л / с і м³ / год.

У режимі дозування електромагнітний витратомір ЕРС забезпечує задання значення дози управління зовнішнім виконавчим пристроєм.

В ЕРС передбачений інтерфейс RS-485 з протоколом ModBus RTU для побудови систем збору інформації. Для підключення до ПК рекомендується використовувати перетворювачі інтерфейсів ПІ-485 або ПІ-RS-485 / Ethernet.

Витратомір ЕРС має імпульсний вихід з регулюванням від 1 до 100 імп./л з можливістю налаштування ширини і періоду імпульсу.

Електромагнітний датчик витрати являє собою пряму вимірювальну трубу з фторопластовим покриттям без деталей, що рухаються, і виступаючих частин, що виключає додаткові втрати тиску. Миття витратоміра гарячими миючими засобами, продування повітрям і стерилізацію паром можна виконувати без його розбирання.

З'єднання електромагнітного датчика витрати з трубопроводом здійснюється за допомогою фланця нарізного Rd78 СТ РЕВ 307-76, який входить в комплект поставки. Витратомір ЕРС може використовувати DIN або Clamp приєднання згідно ISO 2852, які підходять для застосування з такими рідинами як молоко, пиво або іншими напоями.

Живлення витратоміра здійснюється від зовнішнього джерела, наприклад, БП2-50 24В.

Датчик ЕМД повністю виготовлений з нержавіючої сталі, що робить його придатним для застосування в харчовій і фармацевтичній галузі.

Електромагнітний витратомір ЕРС є повною і поліпшеною заміною витратоміра-лічильника електромагнітного ЕРС-50, що випускався до 2018 року підприємством НДО-35.[4]

1.2.Опис існуючих методів вимірювання витрати води

Необхідність підвищення якості випускаючої продукції і ефективності автоматизованих систем керування технологічними процесами надає питанням точного вимірювання кількості і витрати різних речовин винятково важливого значення. До засобів, що вимірюють кількість і витрату речовин, ставляться високі вимоги щодо точності.

Різноманіття вимірювальних середовищ, що характеризуються різними фізико-хімічними властивостями, а також різні вимоги, пропоновані промисловістю до метрологічних характеристик і надійності вимірників витрати, привели до створення засобів вимірювання витрати, заснованих на різних принципах і методах вимірювання.

Витрата речовини – це кількість речовини, що проходить в одиницю часу по трубопроводу, каналу і т.п. Кількість і витрата речовини виражають в об'ємних або масових одиницях вимірювання. Об'ємними одиницями кількості звичайно служать літр (л) і кубічний метр (м³), а масовими – кілограм (кг) і тонна (т).

Найпоширенішими одиницями об'ємної витрати є л/год, м³/с і м³/год, а масової – кг/с, кг/год и т/год.

Перехід від об'ємних одиниць витрати до масових і навпаки обчислюється за формулою:

$$Q_m = Q_{об} \cdot \rho \quad (1.1.)$$

де Q_m – масова витрата речовини, кг/год;

$Q_{об}$ – об'ємна витрата речовини, м³/год;

ρ – густина речовини, кг/м³.

Прилади, що вимірюють витрату, називаються витратомірами. Залежно від виду вимірювальної речовини вони поділяються на витратоміри води, пари, газу та ін. Витратоміри бувають показуючими і самописними. Часто вони забезпечуються вбудованим рахунковим механізмом (інтегратором).

До приладів, що вимірюють кількість, відносять лічильники і ваги. За їх допомогою визначається кількість речовини, яка пройшла по тракту за відомий проміжок часу, для чого відраховують показання приладу на початку і в кінці періоду вимірювання і обчислюють різницю цих показань.[5,6]

Датчики потоку й витратоміри застосовуються для контролю потоків рідин і газів в різних галузях промисловості. Саме поняття потоку може бути визначено по-різному, наприклад масовий потік або об'ємний, ламінарний або турбулентний. Зазвичай хочуть з'ясувати кількість речовини в потоці і, якщо рідина має постійну щільність, то зазвичай вимірюється об'ємний потік, оскільки його легше виміряти. Багато технологій вимірювання успішно справляються з вимірюванням потоків газів і рідин, однак інші специфічні до того, що вимірюють.

Витрата зазвичай обчислюють, вимірюючи по-перше швидкість течії рідини в трубі і примножуючи її на відому площу перерізу труби в точці вимірювання.

Калориметричні датчики потоку працюють за принципом вимірювання перенесення тепла потоком рідини від нагрівача до температурного датчику. Перенесене тепло пропорційно швидкості потоку. Такі датчики зазвичай мають другий температурний датчик для компенсації змін температури рідини. Калориметричні датчики потоку краще працюють при малих швидкостях потоку рідини або газу близько 30 - 3000 см / сек (для газів), замінюючи датчики, що працюють на принципі перепаду тиску. Перевагою калориметричних датчиків вимірювання тиску є компактне виконання, що дозволяє проводити вимірювання в найменших діаметрах трубопроводів, відсутність рухомих частин і великий динамічний діапазон. До основних недоліків можна віднести залежність показань від різких стрибків

температури вимірюваної рідини і в разі різких змін властивостей рідини - наприклад зміни щільності або теплопровідності.

Витратоміри, що працюють на принципі вимірювання диференціального тиску найбільш застосовні для вимірювання витрати рідини. Принцип з роботи заснований на тому, що падіння тиску в потоці рідини на вимірюваній ділянці пропорційно квадрату швидкості потоку рідини. Тим самим, вимірюючи диференціальний тиск в потоці рідини і обчислюючи квадратний корінь, одержуємо значення витрати. Ці пристрої, як і багато витратомірів, складаються з двох частин. Перша частина змінює кінетичну енергію рідини, створюючи диференціальний тиск в трубці. Ця деталь, як правило, вставляється в трубопровід, в якому вимірюється потік рідини, так само вона повинна забезпечувати необхідну точність у всьому діапазоні вимірювань. Друга частина витратоміра вимірює диференціальний тиск і конвертує отриманий сигнал в значення витрати рідини.

Для вимірювання потоку повітря або газу методом диференціального тиску використовуються трубки Піто, а так само інші трубки, сітки і ґрати. Чутливі елементи об'єднані з датчиків диференціального тиску і видають сигнал, пропорційний квадрату швидкості потоку газу або повітря. Трубка Піто складається з двох трубок, які вимірюють тиск в різних частинах трубопроводу. Одна трубка, що вимірює статичний тиск розташовується зазвичай в стінці трубопроводу. Інша трубка вимірює набігає тиск (статичний тиск, плюс тиск набігаючого потоку повітря). Чим більше швидкість потоку повітря, тим більше набігає тиск.

Для вимірювання потоку рідин в витратомірах диференціального тиску використовуються різні сітки, звуження отворів, вставки. Вставка, звужує отвір трубопроводу, найбільш простий і дешевий пристрій для вимірювання диференціального тиску. Таке звуження потоку отвір створює перешкоду потоку рідини і в результаті виходить різниця тисків до і після звужено отвори. Трубка Вентурі має великі розміри і більш високу вартість, серед інших засобів створення диференціального тиску. Трубка Вентурі поступово звужує діаметр трубопроводу і тиск вимірюється в різних точках - зазвичай на

початку звуження і в самій вузькій частині. Далі діаметр трубки Вентурі розширюється до вихідного, тим самим відновлюючи початковий тиск в трубопроводі. Трубки Вентурі зазвичай використовуються в трубопроводах великих діаметрів, завдяки низькому падінню тиску і більш високій точності показань.

Основним недоліком витратомірів диференціального тиску є порівняно вузький динамічний діапазон вимірювань.

Вихрові витратоміри працюють на принципі, відкритим вченим фон Карманом: коли потік рідини обтікає перешкоду - тіло обтікання, то в відходить потоці по краях цього тіла виникають завихрення рідини. Частота цих завихрень пропорційна швидкості рідини. Вихрові витратоміри найбільш проявляють себе на швидкостях потоку 2 - 40 м / сек., Однак вимірювати витрату в'язких рідин ними не рекомендується.

Ультразвукові витратоміри працюють принципом часу проходження сигналу. Принцип вимірювання заснований на тому, що звуковий імпульс, що йде в тому, ж напрямку, що і потік рідини, має загальну швидкість поширення рівну швидкості звуку плюс швидкість течії рідини. А звуковий імпульс, що йде в напрямку, протилежному швидкості течії, матиме швидкість, меншу на значення швидкості потоку рідини. За допомогою ультразвукових датчиків вимірюється час проходження акустичних сигналів, які рухаються в напрямку і проти потоку. Різниця в часі проходження пропорційна середньої швидкості потоку і перетворюється у вихідний сигнал і показання Волюметричне і сумарної витрати. Вимірювальні промені витратоміра утворюють тривимірний режим розподілу швидкостей руху середовища або профіль потоку середовища, яка проходить по вимірювальній трубі. Ці лінії вимірювання розташовуються таким чином, щоб максимально знизити вплив профілю потоку (ламінарного або турбулентного). У комбінації з використанням новітніх технологій цифрової обробки сигналу це дає стабільні і надійні вимірювання витрати.

Багато хімічних реакцій вимагають більш точного вимірювання витрати речовини. Це призвело до розробки масових витратомірів. Існує велика

кількість моделей, але найбільш поширені Витратомір Коріоліса Принцип яких заснований на існуванні коріолісову сили. Витратомір Коріоліса вимірюють безпосередньо масова витрата, в той час як інші витратоміри вимірюють в основному об'ємний витрата речовини. Так як маса речовини незмінна, то в таких витратомірах немає необхідності його підстроювання залежно від зміни властивостей вимірюваного речовини. Більш того, Витратомір Коріоліса не вимагає підстроювання при зміні температури або тиску. Ці витратоміри застосовуються для вимірювання витрати рідин, в'язкість яких змінюється в залежності від температури і тиску.

Сили Коріоліса проявляються в коливальних системах, коли рідина або газ переміщається в напрямку осі коливань. Вимірювальна система Коріоліса має симетричну форму і складається з однієї або двох вимірювальних трубок прямий або викривленої форми. За допомогою електромагніту вимірювальна труба наводиться в коливання на резонансній частоті. Коли швидкість потоку дорівнює нулю, сила Коріоліса також дорівнює нулю. При наявності в вимірювальній трубці потоку, частинки рідини в продукті прискорюються на одному відрізку труби і сповільнюються на іншому. Сила Коріоліса створюється прискорюють і сповільнюють частинками рідини. Ця сила викликає дуже незначну деформацію вимірювальної трубки, яка накладається на основну складову і прямо пропорційна масовій витраті. Ця деформація вловлюється за допомогою спеціальних датчиків. Так як характеристики коливань вимірювальної труби залежать від температури, температура вимірюється постійно, відповідно вимірювана величина піддається корекції. Такі витратоміри мають дуже широкий спектр застосувань, починаючи від виміру агресивних рідин і рідкого азоту.

Принцип дії електромагнітних витратомірів заснований на використанні закону електромагнітної індукції Фарадея, який свідчить, що в рухомому в магнітному полі провіднику виникає електрична напруга. Рідина є провідником, а магнітне поле створюється котушками розташованими навколо труби. Що виникає напруга пропорційно швидкості потоку. Електроди, вмонтовані в стінки трубопроводу, вимірюють вийшло напруга.

Електромагнітні витратоміри можуть вимірювати витрату тільки проводять електричний струм рідин і застосовуються там, де необхідні точні вимірювання і мінімальне обслуговування.[7]

1.3. Формулювання завдань, що вирішуються в роботі

Дипломна робота магістра, спрямована на дослідження і вдосконалення систем для вимірювання витрати води та передбачає вирішення ряду завдань:

1.Проведення аналізу існуючих методів вимірювання витрати води: Детально проаналізувати існуючих методів для вимірювання витрат води, визначити переваги та недоліки, обрати метод вимірювання для застосування в магістерській роботі.

2.Проектування експериментальної установки: Спроекувати експериментальну установку для вимірювання витрати води за обраним методом, при цьому врахувати точність та надійність вимірювань.

3.Розробка програмного забезпечення: Розробити програму мікропроцесору для вимірювання опору, обробки та аналізу отриманих вимірювальних даних.

4.Експериментальні вимірювання: Виконати декілько експериментальних вимірювань на спроектованій вимірювальній системі, зробити збір та запис вимірюваних даних для подальшого аналізу.

5.Обробка та аналіз результатів: Проаналізувати отримані вимірювані дані витрати води, визначити точність та ефективність розробленої системи вимірювань.

7.Порівняння з аналогічними вимірювальними системами: Порівняти результати дослідження з існуючими методами вимірювання витрат води.

8.Подальші дослідження: Запропонувати шляхи вдосконалення обраного методу вимірювання та надати подальші рекомендації для досліджень.

Ці завдання є основою для дипломної роботи магістра. Також це дозволить розглянути ключові аспекти дослідження в області вимірювання витрат води в комп'ютеризованих системах.

Висновки до 1 розділу

У першому розділі проведено загальний огляд існуючих систем для вимірювання витрат води на промисловому підприємстві. Вони мають ряд переваг та недоліків. Основний недолік це висока цінова політика та невисока точність в паспортних даних існуючих приладів.

Також розглянуті методи вимірювання витрати води. Для розробки вимірювальної системи витрат води обрано метод вихрового вимірювання.

Розробка комп'ютеризованої системи для вимірювань витрати води на промисловому підприємстві полягає в високоточних вимірювань витрат води.

2. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

2.1. Фізичні принципи вимірювання вихрового методу вимірювання витрат речовини

В першому розділі для розробки системи для вимірювання витрат води обрано вихровий метод.

Вихровий метод це перш за все швидкісний метод визначення витрат речовини.

Швидкісний метод визначення витрати і кількості рідини і газу покладений в основу ряду витратомірів і лічильників, що мають досить простий пристрій і значний діапазон показань. Принцип дії цих приладів полягає у вимірюванні середньої швидкості потоку, пов'язаної з об'ємною витратою $Q_{об}$ (м³ /с) речовини залежністю:

$$Q_{об} = v_{ср} \cdot F, \quad (2.1)$$

де $v_{ср}$ – середня швидкість потоку, м/с; F – поперечний переріз потоку, м².

За виконанням і призначенням швидкісні витратоміри і лічильники поділяються на швидкісні витратоміри і лічильники рідини, напірні трубки і анемометри.

Швидкісні лічильники рідини найчастіше застосовуються для вимірювання кількості води і тому називаються лічильниками води. Чутливим елементом їх є лопатева вертушка, що спричиняє в обертання потоком рідини. Вісь вертушки за допомогою передавального механізму (редуктора), що зменшує частоту обертання, зв'язана з рахунковим пристроєм приладу. Таким чином, залежність витрати рідини, що протікає через швидкісний лічильник, визначається так:

$$Q_{об} = \frac{n \cdot F}{C} \quad (2.2)$$

де n – частота обертання вертушки, об/хв ; C – постійний коефіцієнт.

З формули (2.2) бачимо, що частота обертання вертушки пропорційна витраті рідини, завдяки чому пристрій приладу значно спрощується. Однак при дуже малих витратах спостерігається відхилення від цієї залежності внаслідок перетікання рідини через зазори між вертушкою і корпусом приладу та тертя механізму в опорах. Формула (2.2) справедлива лише за відсутності завихрення рухомої рідини місцевими опорами (вигинами трубопроводу, вентилями та ін.) поблизу лічильника.

Характерною величиною швидкісних лічильників рідини (як і інших лічильників) є так званий поріг початку показань, що виражає найменшу витрату речовини, нижче якого лічильник перестає давати безперервні показання.

Швидкісні лічильники виготовляються для вимірювання кількості холодної (до температури 30°C) і гарячої (до 90°C) води при робочому тиску до 1 МПа. Вертушка їх виконується із пластмаси або металу.

Істотним недоліком швидкісних лічильників є залежність показань від в'язкості вимірювальної рідини.

За формою вертушки швидкісні лічильники поділяються на крильчасті і турбінні. Вертушка перших має прямі лопаті, спрямовані радіально до її осі, а других – вигнуті по гвинтовій лінії. Вісь вертушки в крильчастих лічильниках розміщена перпендикулярно до напрямку потоку, а в турбінних – паралельно йому [6].

Крильчасті лічильники призначені для установлення в горизонтальних трубопроводах і застосовуються при вимірюванні малих витрат води (до $10 \text{ м}^3/\text{год}$). Турбінні лічильники можуть встановлюватися в будь-якому положенні і служать для вимірювання більших витрат води (до $150 \text{ м}^3/\text{год}$).

На рис.2.1 наведена схема крильчастого лічильника води. У корпусі 1 із приєднувальними штуцерами виконані два тангенціально спрямованих канали для входу і виходу води, що надходить на крильчатку 2. У верхній частині корпусу розміщений стрілковороликовий рахунковий показчик 3, відділений від крильчатки і редуктора 4 перегородкою із сальником 5 вихідної осі.

Крильчасті лічильники мають рахунковий пристрій із ціною поділки стрілкового показника 0,001 і роликового - 0,1 м³. Кінцеве показання рахункового пристрою 1·10⁴ м³ води. Лічильники встановлюються в трубопроводі відповідно до нанесеної на корпусі стрілки, що показує напрямок потоку рідини.

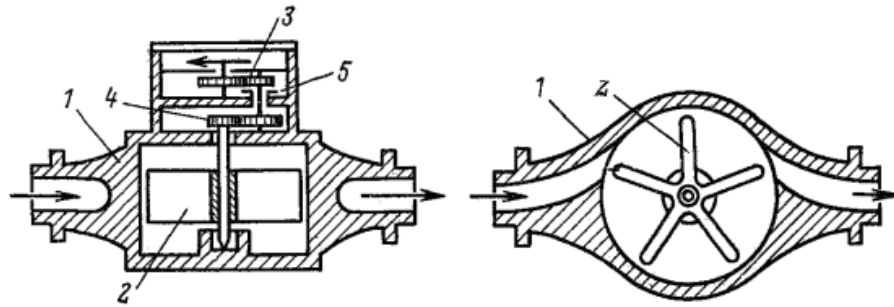


Рис.2.1. Схема крильчастого лічильника води

Турбінні лічильники води мають лопатеві вертушки у вигляді багатоходового гвинта з великим кроком. Частота обертання цієї вертушки пропорційна швидкості потоку рідини і обернено пропорційна кроку лопаті. У цьому випадку рівняння (2.2) набирає вигляду:

$$Q_{об} = \frac{n \cdot F \cdot l}{K} \quad (2.3)$$

де l – крок лопаті вертушки, м; K – постійний коефіцієнт.

Гідравлічний опір лічильників при номінальній витраті становить 2000-2500 Па.

Установлення турбінних лічильників найчастіше виконується в горизонтальних трубопроводах, хоча при висхідному потоці допускається установлення під кутом і вертикально. Для заспокоєння потоку довжина прямої ділянки трубопроводу перед лічильником вибирається такою, що дорівнює $10D_u$, і після нього $5D_u$ (де D_u – умовний діаметр трубопроводу).

Основна похибка швидкісних лічильників у діапазоні від найменшої витрати до 10-12% від найбільшої становить $\pm 5\%$ кількості пропущеної води. На всьому іншому діапазоні основна похибка дорівнює $\pm 2\%$. Похибка приладів визначається шляхом порівняння цих показань із об'ємом води, що надійшла через лічильник у мірний бак установки. При розбіжностях показань

величини у бік збільшення виконується регулювання приладу шляхом зміни положення лопаті регулятора. [7]

2.2. Обґрунтування побудови структурної схеми

Комп'ютеризована система для вимірювання витрати води на промисловому підприємстві буде виконувати наступні функції:

- Виведення вимірних значень витрати води в л на дисплей та веб-додаток;
- Виведення температури води на дисплей та веб-додаток;
- Світлова сигналізація про мінімальний та максимальний потік води у трубі;
- Вмикання та вимикання комп'ютеризованої системи.

Для виконання перерахованих функції необхідні наступні складові:

- 1) Датчик для вимірювання значень витрати води в літрах.
- 2) Датчик температури для вимірювання температури потоку води;
- 3) Дисплей для відображення вимірних значень витрат води та температури;
- 4) Синій та червоний світлодіод для світлової сигналізації в випадку критичних значень витрат рідини;
- 5) Модуль wi-fi для передачі вимірних значень температури води та об'єму води в літрах для виводу на веб-додаток;
- 6) Модуль для стабілізації напруги та струмів для модуля wi-fi;
- 7) Адаптер живлення для живлення системи в цілому;
- 8) Кнопка вмикання системи;
- 9) Мікропроцесор для керування комп'ютеризованої системи.

2.3. Обґрунтування мікропроцесору

Мікропроцесори використовуються для виконання обчислень і керування пристроями в різноманітних електронних системах. Основні причини їх використання:

1. Обчислювальна потужність: Мікропроцесори можуть виконувати тисячі операцій за секунду, що дозволяє швидко обробляти дані.
2. Універсальність: Вони застосовуються в багатьох пристроях, від комп'ютерів і смартфонів до побутової техніки і автомобілів.
3. Ефективність: Мікропроцесори дозволяють зменшити розміри та вагу електронних пристроїв, зберігаючи при цьому високу продуктивність.
4. Контроль і автоматизація: Використовуються для автоматизації процесів, збирання даних, управління системами і виконання задач в реальному часі.
5. Програмованість: Мікропроцесори можна програмувати для виконання різних функцій, що надає їм гнучкість у використанні.

Таким чином, мікропроцесори є ключовим компонентом сучасної електроніки і технологій. [9]

У табл. 2.1 наведені деякі рекомендації по вибору мікропроцесорів. А також враховуємо, популярність моделей використання мікропроцесорів рис.2.2.

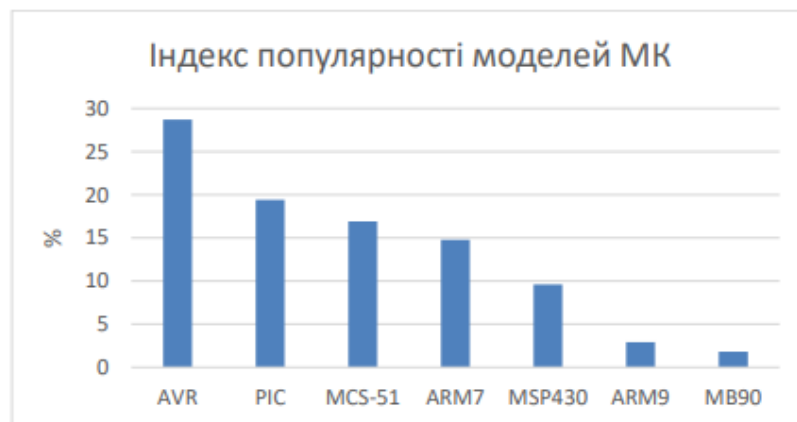


Рисунок 2.2. Індекс популярності мікропроцесорів

Таблиця 3.1 – Рекомендації по вибору мікропроцесорів [9]

Головний параметр	Рекомендовані МК розрядністю 8/16/32 біта
Швидкодія	Atmel ARM, NXP LP210x, Microchip PIC24 / dsPIC, Ubicom SX
Перешкодозахищеність	NXP LP2xxx, Microchip PIC (моделі після 2003 г.)
Економічність	Texas Instruments MSP430, Microchip P1CI2 / 16/18
Мініатюрність	Microchip PIC 10/12, Atmel ATtiny
Універсальність	Atmel ATmega, Microchip PIC 18, Silicon Laboratories C8051F
Кріптостікість	Texas Instruments TMS320F, Atmel AT91SO, Atmel ATXmcga
Електромагнітна сумісність	STMicroelectronics STR71xF

Згідно вимог для системи кліматичних вимірювань, рекомендацій по вибору мікропроцесорів та популярності обираємо мікроконтролер моделі Atmel.

2.4.Обґрунтування вибору wi-fi модуля

Для дистанційної передачі до веб-сторінки вимірянних даних потоку воду та температури води, сигналізації критичного потоку воду необхідний wi-fi модуль.

Вайфай (від англ. Wireless Fidelity, Wi-Fi, WiFi; – бездротова правдивість відтворення) – торгова марка Wi-Fi Alliance та загальноживана назва для стандарту IEEE 802.11 передавання цифрових потоків даних по радіоканалах.

Для створення Wi-Fi мережі насамперед необхідно мати точку доступу, тобто спеціальне Wi-Fi обладнання. Найчастіше в ролі такого виступає роутер, підключений до провідної мережі інтернет. Роутер обладнаний радіомодулем, який виконує функції прийому і передачі бездротового сигналу. Такий же модуль повинен бути встановлений і всередині вашого комп'ютера, ноутбука, планшета або іншого пристрою, який потрібно підключити до бездротової Wi-Fi мережі (є, втім, і зовнішні Wi-Fi-адаптери, що підключаються через порт USB). Ці модулі можуть бути від різних виробників, і відрізнятися між собою конструкцією чіпа, але завдяки єдиному стандарту Wi-Fi забезпечується повна їх сумісність.

Щоб підключитися до інтернету через Wi-Fi мережу, недостатньо лише мати модуль Wi-Fi в ноутбуці або смартфоні (як думають деякі). Потрібно спочатку створити підключення до кабельного або супутникового інтернету, а потім вже «роздавати» цей інтернет через бездротову мережу в межах будинку або квартири. З іншого боку, у багатьох громадських місцях великих міст функціонує платна або безкоштовна мережа Wi-Fi, за допомогою якої можна підключитися до інтернету, маючи лише пристрій з підтримкою стандарту Wi-Fi.

В межах самого стандарту зв'язку Wi-Fi поступово з'явилося кілька специфікацій, які розрізняються між собою за швидкістю передачі даних і радіусу дії бездротової мережі.

802.11b Найперший стандарт бездротової Wi-Fi мереж, яка дозволяє працювати на швидкостях до 11 Мбіт / с у радіусі до 100 метрів (на відкритому просторі до 250 метрів).

802.11a, 802.11g – Стандарти, що прийшли на зміну 802.11b, вони дозволяють здійснювати передачу даних по бездротовій мережі зі швидкістю до 54 Мбіт / с, проте радіус дії Wi-Fi мережі в них становить трохи більше 50 метрів. Крім збільшення швидкості, в даних стандартах також набагато вищий рівень безпеки мережі завдяки застосуванню протоколів шифрування WPA / WPA2.

802.11n – Новий стандарт безпроводного зв'язку, розроблений в 2009 році і потенційно здатний передавати дані по Wi-Fi зі швидкістю до 600 Мбіт / с (за умови застосування чотирьох зовнішніх всеспрямованих антен). Однак в реальних умовах експлуатації швидкість бездротового з'єднання становить трохи більше 100 Мбіт / с в радіусі не більше 50 метрів від точки доступу.

802.11ac – Новітній передовий стандарт Wi-Fi мереж, що працює на частотах 5-6 ГГц. У 2014 році відбулося прийняття фінальної версії специфікації 802.11ac, обіцяна швидкість передачі даних по бездротовій мережі в ній складає від 3000 Мбіт / с до 10 Гбіт / с (за умови використання восьми всеспрямованих MIMO антен).[10]

Отже, пропонується для дистанційного передачі вимірних даних застосування Wi-Fi модуля. Даний модуль буде організувати бездротовий зв'язок при проектуванні системи. Його «будова» дозволяє йому забезпечувати обмін даними за стандартами Wifi. Такий модуль повинен бути сумісним з мікропроцесором Atmega.

Пропонується використати сучасний готовий модуль Wi-Fi ESP.

ESPxx – це контролер, який працює зі стандартом безпроводного зв'язку Wifi і здатний виконувати код програм з вбудованої флеш-пам'яті. Чіп був розроблений і випущений китайською компанією Espressif і моментально став одним з найпопулярніших для даних цілей.

Сам вай фай модуль для ардуіно Wifi досить дешевий і містить невелику кількість зовнішніх елементів, маючи наступні технічні характеристики:

- Підтримка протоколів стандарту Wifi b/g/n з алгоритмами шифрування і захисту даних WEP, WPA, WPA2;
- Чотирнадцять портів вводу і виводу, послідовного периферійного інтерфейсу SPI, I2C, UART і 10-бітний аналого-цифровий перетворювач;
- Підтримка зовнішньої пам'яті до 16 Мб;
- Достатню для живлення напруга від 2.2 до 3.6 Вольт і споживання струму до 300 мА, яке залежить від режиму роботи [11].

2.5. Обґрунтування вибору датчика потоку води

Датчик потоку води використовується для індикації руху рідкого середовища, визначення її швидкості, і навіть фіксації рівня витрати рідини. Пристрій характеризується високою чутливістю, тому ефективно функціонує навіть за мінімальної інтенсивності потоку. Існують різні модифікації приладів, які використовуються для роботи з різними видами плинних речовин.

Основне призначення виробу – контроль потоку всередині трубопровідної системи. Принцип дії приладу залежить від його технічних та експлуатаційних показників. Існує кілька різновидів датчиків потоку води:

Механічний лопатевий сигналізатор. Пристрій вбудовується безпосередньо у трубу. Конструкція датчика включає спеціальну лопать, яка реагує на рух води. За наявності потоку лопать відхиляється убік, що провокує замикання контактів. В результаті датчик спрацьовує.

Теплове реле. Пристрій містить спеціальний нагрівальний елемент. Контроль наявності потоку відбувається шляхом вимірювання інтенсивності розсіювання тепла, що виробляє нагрівач.

Такі датчики не використовуються в системах, що працюють із небезпечними рідинами. Також вони не підходять для експлуатації в трубопроводах з постійною зміною інтенсивності потоку.

Механічний поршневий сигналізатор. Пристрій функціонує за рахунок специфічної магнітно-поршневої системи. Вода піднімає поршень із магнітом, що обумовлює замикання контактів. В результаті датчик спрацьовує. Якщо припиняється потік, поршень опускається.

Відповідні прилади застосовуються в системах із високим робочим тиском.

Ультразвуковий датчик. Сигналізатори даного типу працюють за допомогою акустичного ефекту, що виникає в момент передачі ультразвукових імпульсів через рідину, що рухається. [13]

З всіх перерахованих для вимірювання рівня потоку води обираємо датчик на основі механічного лопатевого сигналізатора.

Швидкодіючі лопатеві (пелюсткові) вимірювачі витрати рідини представлені на рис.2.3.

Принцип дії: тонка пружинна лопатка, що перекриває переріз потоку, відгинається під впливом потоку. Переміщення розміщеного на лопатці магніту реєструється магніточутливим датчиком, розташованим поза проточним простором.



Рисунок 2.3. Вихрєвий вимірювач витрати рідини

Швидкодіючі лопатеві (пелюсткові) вимірювачі витрати рідини з широким діапазоном вимірювання.

Принцип дії: перекриває перетин потоку тонка пружинна лопатка з нержавіючої сталі відгинається під дією протоки рідини. Переміщення розміщеного на лопатці та покритого пластиком магніту сприймається магніточутливим датчиком, розташованим поза проточним простором.

Переваги використання:

- Дуже широкий діапазон виміру;
- Висока швидкодія;
- Надійність завдяки обмежувачу;
- Незначний розкид характеристик у серії (100% індивідуального калібрування);
- Модульна конструкція.

Принцип роботи розглянемо більш детально.

Перекриваючий переріз потоку тонка пружна округлої форми лопатка (діафрагма) з нержавіючої сталі відгинається під дією поточної рідини і лягає на прогнутий упор-обмежувач, що запобігає її перевертанню. На лопатці розміщено покритий пластиком магніт. Переміщення магніту, викликане відхиленням лопатки, сприймається магніточутливим датчиком, розташованим поза проточним простором. Оскільки лопатка тільки згинається, але не повертається, то ніякого тертя не виникає і її знос незначний. Переміщення практично вільне від гістерези і результати вимірювання відрізняються гарною відтворюваністю. Незначна власна маса лопатки знижує час її реакції. У положенні спокою лопатка практично повністю перекриває перетин потоку, що дає змогу вимірювати малі витрати. Можливість перекривання повного перерізу потоку забезпечує також простий монтаж датчика безпосередньо на трубопроводі без спеціальних підводів і відводів. Завдяки профільованому упору та пружним властивостям лопатки, навіть найсильніші гідравлічні удари залишаються без наслідків. Незначна кількість деталей, що торкаються вимірюваного середовища, а також згинання лопатки гарантують мінімальне утворення забруднень/налипань. Фланцева конструкція приладу спрощує його монтаж та технічне обслуговування.

Датчики пелюсткові, завдяки сукупності опціональних виконань, гнучко підлаштовуються під численні запити:

- застосування різноманітних матеріалів та варіантів приєднання до процесу;
- високотемпературні виконання;
- стійкість до завихрень та зворотного потоку;
- можливість виміру малих витрат.[13]

2.6. Обґрунтування вибору датчика температури

Для вимірювання температури води зробимо вибір датчика температури.

Щоб правильно вибрати датчики температури, необхідно розуміти, для яких вимірювань вони призначені, та наскільки достовірним буде результат вимірювання.

Найбільш часто для вимірювання температури застосовуються наступні типи датчиків: термістори, цифрові напівпровідникові датчики, термопари та термоперетворювачі опору. Далі детальніше зупинимося на їх перевагах та недоліках.

Термістори використовуються принцип зміни опору провідника від температури. Чутливі елементи для термісторів виконуються на основі різноманітних оксидів металів.

Переваги термісторів є висока чутливість, малий розмір та невисока ціна. Основні недоліки – нелінійність характеристики, слабка перешкодостійкість, відсутність взаємозамінності. На останньому хочеться зупинитися окремо. Така характеристика, як взаємозамінність, особливо важлива в тих випадках, коли датчики застосовуються для вимірювання температури ґрунту, компосту або готового продукту, де використовується, як правило, низькокваліфікований персонал, де датчики часто чавлять навантажувачами або ламають з необоржності. По суті, в реальних робочих умовах ці датчики стають витратним матеріалом. В таких процесах використовувати термісторні датчики температури небажано. Справа в тому, що кожний виробник термісторів випускає їх суто з індивідуальною характеристикою, і у випадку поломки такого датчика доведеться звернутися саме до оригінального виробника.

Цифрові напівпровідникові датчики температури в останній час активно просуваються на агропромисловому ринку. Чутливі елементи для них виробляють світові лідери в області мікроелектроніки. Чутливий елемент є інтегральна мікросхема, що містить в собі чутливий елемент та перетворювач у цифровий сигнал.

Основні переваги таких датчиків: зручна схема підключення (не потрібно прокладати окрему кабельну лінію безпосередньо до кожного датчика, датчики підключаються до однієї загальної лінії), цифровий сигнал, що дозволяє уникнути застосування різноманітних перетворювачів для будування вимірювального ланцюга, та невисока ціна. Недоліки таких датчиків є вкрай слабка перешкодостійкість (датчики можуть серйозно брехати, якщо поруч знаходиться силова лінія або працює електродвигун) та невисока точність (всього лише $0,5^{\circ}\text{C}$). Обмежений робочий діапазон цих датчиків до 125°C – не дозволяє застосовувати їх в різних теплообмінних установках, де температура теплоносія може досягати $130-150^{\circ}\text{C}$.

Провідним виробником напівпровідникових цифрових чутливих елементів є фірма Dallas Semiconductor. Елементи цієї фірми використовуються в напівпровідникових цифрових датчиках виробництва ПрАТ "ТЕРА".

Перетворювачі термоелектричні є найбільш високотемпературними контактними датчиками. Принцип дії термопар базується на термоелектричному ефекті, що був відкритий німецьким фізиком Томасом Зеєбеком у 1821 році. Якщо з'єднати два різнорідних провідника та підтримувати місце з'єднання при різних температурах, то між кінцями виникне електрорухова сила (термо-ЕРС). Такі з'єднання називаються термопарами. Величина виникаючої термоерс залежить від матеріалу провідників та різниці температур між спаями. В невеликому діапазоні температур термоерс пропорційна різниці температур.

Головною перевагою термопар є великий температурний діапазон вимірювання від -200°C до 2500°C , а також простота та міцність конструкції, та невисока ціна. Основні недоліки термопар - точність вимірювання від 1°C , необхідність компенсації температури холодного спаю (в сучасних приладах вводиться автоматична поправка до вимірюваної ЕРС), нелінійна залежність напруги на виході термопари від температури.

Принцип дії термоперетворювачів опору (ТС) такий же, як і у термісторів, - зміна опору в залежності від температури. ТС відрізняється

високою точністю (до 0.1°C), стабільністю показань, близькістю характеристики до лінійної залежності та взаємозамінюваністю.

В залежності від матеріалу чутливого елементу відрізняються термоперетворювачі опору мідні (ТСМ) та платинові (ТСП). В Україні, як і на всьому пострадянському просторі, прийняті наступні стандарти характеристик цих датчиків: 50М, 100М – для ТСМ, і 50П, 100П, Pt100, Pt500, Pt1000 – для ТСП. Чутливі елементи для 50М, 100М, 50П, 100П виготовляються вручну шляхом намотування тонкого мідного або платинового дроту, елементи Pt100 та Pt1000 виконуються методом напилення тонкого шару платини на керамічну підкладку. Технологія напилення дозволяє виробляти платинові чутливі елементи вкрай малими за габаритами з мінімальною витратою платини (вміст платини 0.001 г). При цьому платина повністю зберігає свої властивості, такі як стійкість до високих температур, термостабільність, практично лінійна температурна залежність опору. В даний час ТСП Pt100 та Pt1000 – найрозповсюдженіші датчики температури. [14]

Для розроблювальної системи для вимірювання температури води потрібно врахувати сумісність з мікроконтролером Atmega та діапазон вимірювання температур від 0 до 80°C . Також потрібно врахувати, що датчик буде занурюватись в воду. Пропонується застосувати терморезистивний датчик температури.

2.7. Обґрунтування вибору дисплея

Для виводу вимірянних даних потоку води та температури води потрібно використати пристрій для виводу інформації. Застосуємо для цього рідкокристалічний дисплей.

Рідкокристалічний дисплей (англ. liquid crystal display (LCD)) – електронний пристрій візуального відображення інформації (дисплей), принцип дії якого ґрунтується на явищі електричного переходу Фредерікса в

рідких кристалах. Дисплей складається з довільної кількості кольорових або монохромних точок (пікселів), і джерела світла або відбивача (рефлектора).

Керування кожною рідкокристалічною коміркою здійснюється з допомогою напруги, яку подає на комірку один з тонкоплівкових транзисторів.

Технологічні характеристики рідкокристалічного дисплею:

- Тип матриці – технологія виготовлення дисплею
- Роздільна здатність – кількість пікселів у кожному з вимірів, що може бути відображена.
- Розмір пікселя – відстань між центрами сусідніх пікселів.
- Яскравість – світлова характеристика тіл, які є джерелами світла.
- Контрастність – міра виявлення об'єкта на фоні.
- Час відгуку – мінімальний час, необхідний пікселю для зміни своєї яскравості.
- Кут огляду – кут відносно перпендикуляра до центру матриці, при спостережанні котрого контрастність зображення у центрі матриці падає до 10:1.[15]

Також рідкокристалічний дисплей повинен бути сумісний з мікроконтролером, тому обираємо розповсюджений LCD дисплей 1602.

Дисплей 1602 (представлений на рис.2.4) відображає 2 рядки по 16 символів.

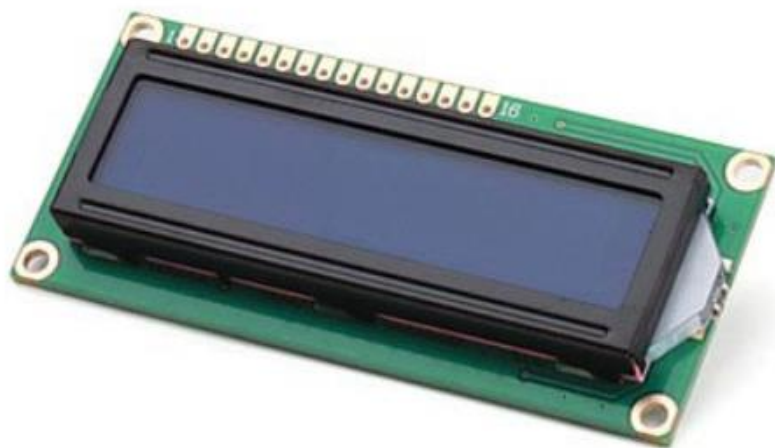


Рис. 2.4.Дисплей LCD 1602

Введення даних до мікроконтролера дисплеї бувають двох типів:

- З паралельним введенням даних;
- З послідовним введенням даних по протоколу I2C (рис.2.5).



Рисунок 2.5. Дисплей LCD 1602 з модулем I2C

Паралельне введення даних передбачає передачу 8 або 4-бітних слів за 10 або 6 виводами відповідно, також на дисплей ще подається живлення.

Передача даних на дисплей послідовно за допомогою модуля I2C (рис. 2.5) займає 4 пini мікроконтролера, два для живлення та два для даних.

Тому пропонується обрати дисплей LCD 1602 з модулем I2C.

2.8. Обґрунтування вибору кнопки

Для керування вимірювальної системою та вмиканням та вимиканням потрібно застосувати кнопки.

Кнопки, перемикачі, тумблери відносяться до спеціальних вузлів, які керують електротехнікою. Залежно від способу використання та призначення вони поділяються на декілька видів. Кожен вид має набір унікальних функцій, які є неповторними з іншими. Механічні та електричні параметри є їх характерними рисами (опір, індуктивність, ємність або спосіб перемикання).

Дані елементи грають головну роль ланцюга. Вони контролюють потік електричного струму. Перемикачі можуть перебувати лише у відкритому або закритому стані. У розімкнутому стані (викл), коли ланцюг розірваний, перебіг струму неможливий. У замкнутому ж стані (вкл) перемикач, як провідник, має опір та індуктивність, якими протікає електричний струм і який замикає ланцюг.

Вибираючи перемикач, звертають увагу ще на основні характеристики:

- розмір;
- колір;
- форма;
- наявність підсвічування;
- кількість положень;
- наявність фіксації.

Слід враховувати, що будь-який перемикач є досить крихким елементом будь-якої ланки, тому всі дії повинні бути плавними і не перевищувати максимально допустимі параметри навантаження.

Перемикачі можна поділити на кнопки та тумблери.

Кнопки використовуються для включення більшості апаратів. Вони різняться формами, кольорами та місцем встановлення. На деяких кнопках є індикація, яка вказує на активний режим роботи. Переваги:

- компактність;
- легкість;
- простота монтажу;
- доступні ціни.

Тумблери зазвичай бувають на два або три положення. Принцип дії досить простий. Є важіль встановлений на положенні "включення", то ланцюг замикається і прилад починає свою роботу. Живлення починає надходити від джерела до споживача. При встановленні важеля на позиції «вимкнення» ланцюг розмикається і, відповідно, припиняється подача енергії на прилад, відключаючи його. [16]

Вимірювальний пристрій повинен бути зручний та компактний, тому обираємо тактову кнопку для включення/виключення вимірювального пристрою.

2.9. Обґрунтування вибору світлової сигналізації

Для сигналізації критичного потоку води в трубі на промисловості використаємо світлові сповіщувачі. При критично великому напорі буде сповіщувати синій світлодіод, коли критично малий напір води, то червоний.

Світлодіод – це тип напівпровідника, який називається «світловипромінювальний діод».

Технічний прогрес не стоїть на місці, і розробка принципово нових світлодіодів триває у всьому світі. Якщо ще п'ять років тому виділяли дві максимально великі категорії напівпровідникових елементів, то сьогодні їх уже три – і мова йде лише про ті, які почали вироблятися у промислових масштабах. Сважається, що до 2025-го року буде винайдено ще не менше двох типів принципово відмінних світлодіодів, які, цілком можливо, будуть перехідною ланкою, таким собі путівказом на якийсь наступний, більш прогресивний джерело світла.

Отже, зараз усі різноманіття світлодіодів поділяють на наступні великі групи:

- освітлювальні – встановлюються у LED-лампочках, спалахах фотоапаратів та світлодіодних світильниках;
- індикаторні – монтуються у різну побутову техніку та органи управління (пульти, контролери, датчики);
- лазерні – використовують у комп'ютерних ведмедиках, оптичних приводах для читання дисків, лініях інформаційного зв'язку та для вирішення різних медичних завдань.

Для розроблювального вимірювального пристрою розглянемо індикаторні світло діоди рис.2.6.

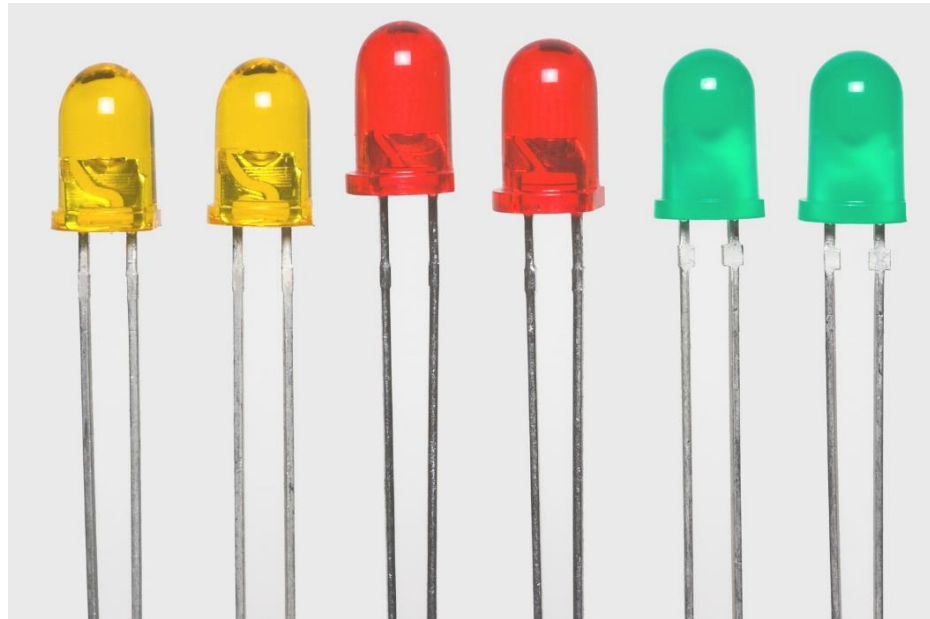


Рисунок 2.6. Різнокольорові світлодіоди

До індикаторних світлодіодів відносять вироби, виготовлені за технологією DIP, Straw Hat, Super Flux «Piranha», а також SMD-моделі. Тут відмінності між категоріями часом менш чіткі, проте зважаючи на певні технічні параметри кожна з них має переважну сферу застосування та постійно вдосконалюється у потрібний бік, віддаляючись від загальних витоків.

1) Абревіатуру DIP можна розшифрувати як «Direct In-line Package». DIP-вироби являють собою одиничний елемент з двома або трьома контактними ніжками та виносним корпусом-лінзою, де розміщується світловипромінювальний кристал. Палітра доступних кольорів максимально широка, що й робить цей тип особливим: окрім видимого діапазону DIP-діоди здатні випромінювати у інфрачервоному й ультрафіолетовому спектрі. Остання обставина якраз і зумовлює те, що їх часто використовують у пультах для телевізорів, різних ресіверах для дистанційного керування. У одному корпусі таких виробів цілком може знаходитися декілька кристалів різного кольору, що дозволяє забезпечити поліхромне світіння. У лампочках чи світильниках такі вироби можуть використовуватися хіба що у якості індикатора наявності живлення на приладі. Серед недоліків DIP-технології можна назвати тільки малі кути розсіювання – зазвичай вони складають не

більше 60° або навіть менше. На сьогоднішній день їхня популярність помірна, однак такі діоди усе ж застосовують досить часто навіть великі компанії.

Типові приклади – різні датчики та контрольно-вимірювальні прилади, ялинкові гірлянди, світлові табло, панелі управління обладнанням на підприємствах. Особливо цікавим є той факт, що деякі моделі цього типу з добре збалансованою формою корпусу, якісної лінзою та прозорістю здатні забезпечити світловий потік у півтора-два рази вищий, аніж використовувані для освітлення SMD-світлодіоди.

2) Straw Hat перекладається на українську як «солом'яний капелюх». Вироби отримали свою назву через декотру зовнішню схожість зі згаданим головним убором. Форма світлодіода у цілому схожа на DIP-вироби: це циліндричні

елементи з двома контактними ніжками та корпусом-розсіювачем, який плавно закруглюється вгорі. Діаметр лінзи більший, аніж у попередніх моделей, а сама вона часто повністю прозора. Світловипромінювальний кристал розміщений не по центру корпусу, а ближче до його торцевої округлої стінки, що дозволяє домогтися кута розльоту променів порядку 120-140°. Найчастіше світлодіоди типу Straw Hat випускають тільки у п'яти базових кольорах: білому, жовтому, червоному, зеленому та синьому. Сфера застосування таких виробів практично не обмежена: їх можна побачити й у датчиках, й у світлових гірляндах, й у побутових електроприладах. Іноді такі моделі замінюють навіть світлодіодні лампочки аварійного освітлення, оскільки здатні формувати потрібну рівномірність світлової картини та мають знижене енергоспоживання.

3) Світлодіоди Super Flux «Piranha» є одними з найбільш просунутих на ринку. У самій назві зашифровано, що це надзвичайно яскраві моделі, які передбачають не тільки відмінне розсіювання світла, але й надійну фіксацію на платі. Конструктивно вони являють собою невеликий майданчик зі сферичною лінзою-корпусом та мають цілих чотири лапки-контакти. Такі моделі зазвичай випускаються у шести кольорах: стандартні червоний,

зелений, синій, а також холодний, теплий та нейтральний білий, проте часом можуть зустрітися й комбіновані з фіолетовим, помаранчевим або будь-яким іншим світінням. Сфера застосування діодів «Piranha» є досить обширно – з них роблять панелі індикації у літаках та на підприємствах, встановлюють у автомобілі у якості габаритних вогнів та приладів денного ходового світла, підсвічують рекламні вивіски, використовують у вуличних декоративних світильниках або просто прикрашають ними будь-які об'єкти, які знаходяться на відкритому повітрі.[17]

Враховуючи розповсюдженість, сумнісність по живленню та вартість обираємо індикаторні світлодіоди за DIP-технологією.

2.10. Обґрунтування вибору живлення

Для живлення вимірювального пристрою потрібно обрати джерело живлення.

Джерело живлення – це прилад, призначений для забезпечення електричною енергією різних приладів

Джерело живлення зазвичай базується на блоці живлення – вторинне джерело електроживлення.

Вторинне джерело електроживлення перетворює параметри електроенергії основного джерела електропостачання, наприклад, промислової мережі в електроенергію з параметрами, які необхідні для роботи допоміжних пристроїв.[18]

Для розроблюваного вимірювального пристрою потрібно обрати вторинне джерело живлення. Для джерела живлення вимірювального пристрою потрібно врахувати живлення всіх компонентів пристрою. Якщо якийсь компонент має інший номінал напруги живлення, то потрібно застосувати стабілізатори напруги.

2.11. Структурна схема

Структурна схема комп'ютеризованої системи для вимірювань витрат води представлена на рис.2.7.

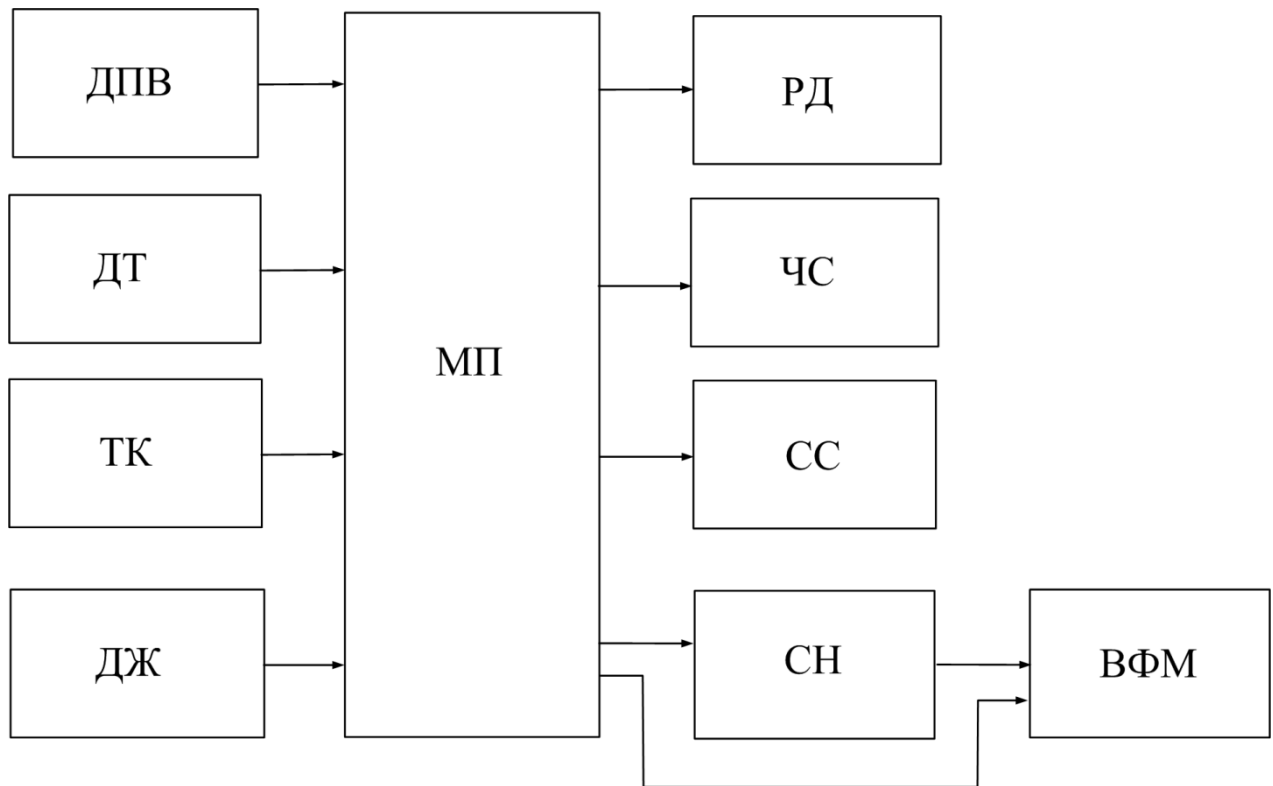


Рис. 2.7. Структурна схема комп'ютеризованої системи для вимірювання витрат води

Схема складається з наступних елементів:

- МП – мікропроцесор;
- ВФМ – Wi-fi модуль (вай-фай модуль);
- СН – стабілізатор напруги;
- ДПВ – датчики потоку води;
- ДТ – Датчик температури води;
- ТК – Тактова кнопка включення/виключення;
- СЧ, СС – світлодіоди синій та червоний;
- РД – рідкокристалічний дисплей;
- ДЖ – джерело живлення.

Висновки до 2 розділу

В другому розділі було розглянуто фізичний принцип вимірювання вихр'ювого методу вимірювання витрат речовини. Описана математична формула знаходження витрати рідини. Обґрунтований вибір кожного елемента структурної схеми. На базі обраних складових побудована структурна схема.

.

3. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

3.1. Вибір мікропроцесору

В якості мікропроцесору було обрано мікропроцесор Atmel. А саме, обираємо конкретний мікропроцесор ATmega328P. Для ATmega328 мікропроцесору існує три різних типа, що представлено на рис.3.1-3.3.[19]

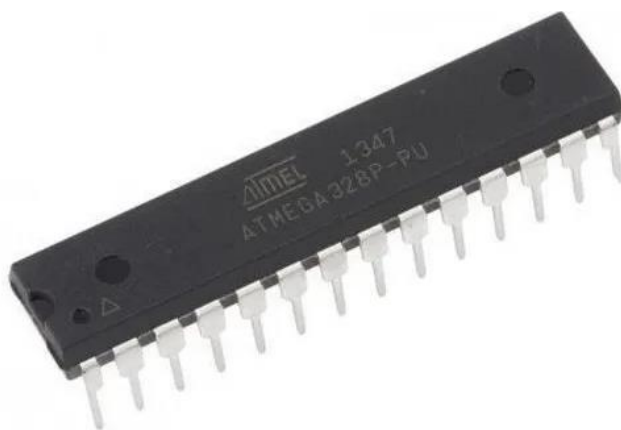


Рисунок 3.1. ATmega328P в корпусі PDIP

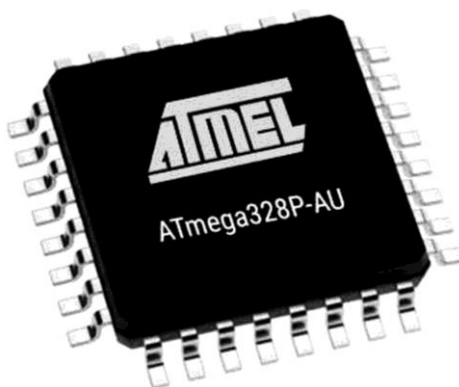


Рисунок 3.2. ATmega328P в корпусі TQFP

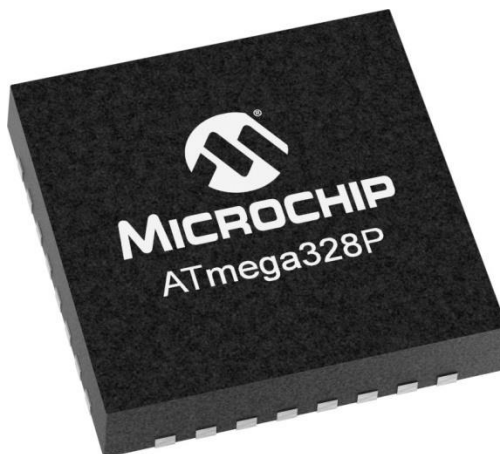


Рисунок 3.3. ATmega328P в корпусі MLF

ATMega328P в DIP-корпусі має попередньо встановлений завантажувач Arduino UNO (16МГц). Це дозволить Вам використовувати код Arduino в проектах користувача без фактичного використання плати Ардуїно.

Для повноцінної роботи, Вам знадобиться додатковий 16МГц резонатор, 5В живлення та послідовне з'єднання.

З ключових особливостей даного мікроконтролера можна виділити нижченаведені:

- архітектура – Гарвардська (розділені адресні простори коду і даних), система команд з 131 інструкції, переважно виконуваних всього за такт внутрішньої синхронізації, повністю статичний дизайн (можлива повна зупинка тактового генератора без втрати вмісту регістрів/пам'яті), присутній апаратний двотактний множитель, 2Кб внутрішнього ОЗУ, 1Кб EEPROM даних, 32Кб flash-пам'яті для програм (є можливість перепрограмування пам'яті програм "зсередини", бутблок, захист від зовнішнього зчитування, і т.д.);
- вбудована периферія – три таймера (1x16 і 2x8 біт) з роздільними прескалерами і програмованими режимами роботи, окремий WDT, 6 каналів PWM, вбудований АЦП послідовного наближення на 10 біт (6 каналів для виконання в корпусі PDIP і 8 - для TQFP / QFN / MLF), температурний сенсор, 2 інтерфейси SPI (один USART і один I2C-сумісний), вбудований аналоговий компаратор, розвинена програмована система переривань від всіх вбудованих пристроїв і подій на зовнішніх входах;
- спеціальні функції – контроль і скидання за рівнем живлення, програмно-підбудовується внутрішній генератор, шість режимів глибокого зниження енергоспоживання (Standby, Extended Standby, Power-down, ADC Noise Reduction, Power-save, Idle), можливі комбінації напруги живлення/частота ядра: в діапазоні від 1.8 до 5.5В при тактуванні 0-4 МГц, від 2.7 до 5.5В - при 0-10 МГц, від 4.5 до 5.5В - при 0-20 МГц;
- варіанти виконання – PDIP з 28 виводами, QFN/MLF з 28 виводами, TQFP/QFN/MLF з 32 виводами (в цілому 23 роздільних лінії під введення/виведення), номінальний робочий температурний діапазон залежить

від виконання (в даному конкретному випадку він становить від нижньої межі в -40°C до верхнього в 85°C).

Блок діаграма АТмега328Р представлена на рис.3.4.

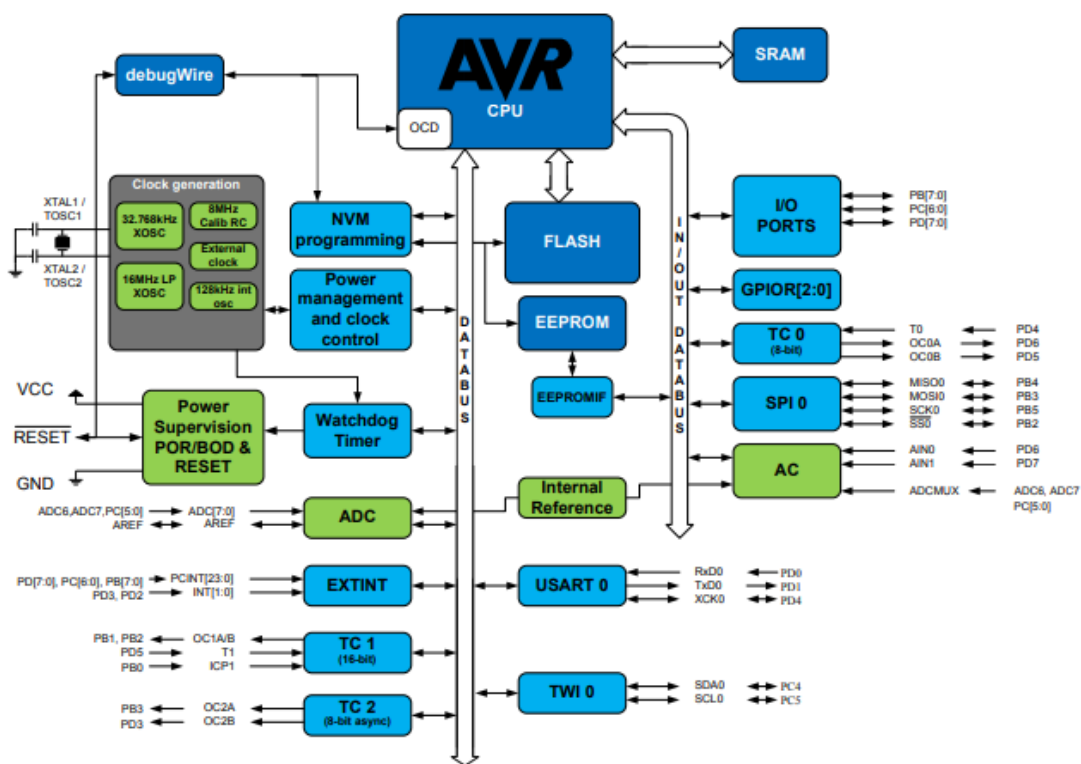


Рисунок 3.4. Блок діаграма АТмега328Р

Розташування виводів представлені на рис.3.5-3.6 АТмега328Р.

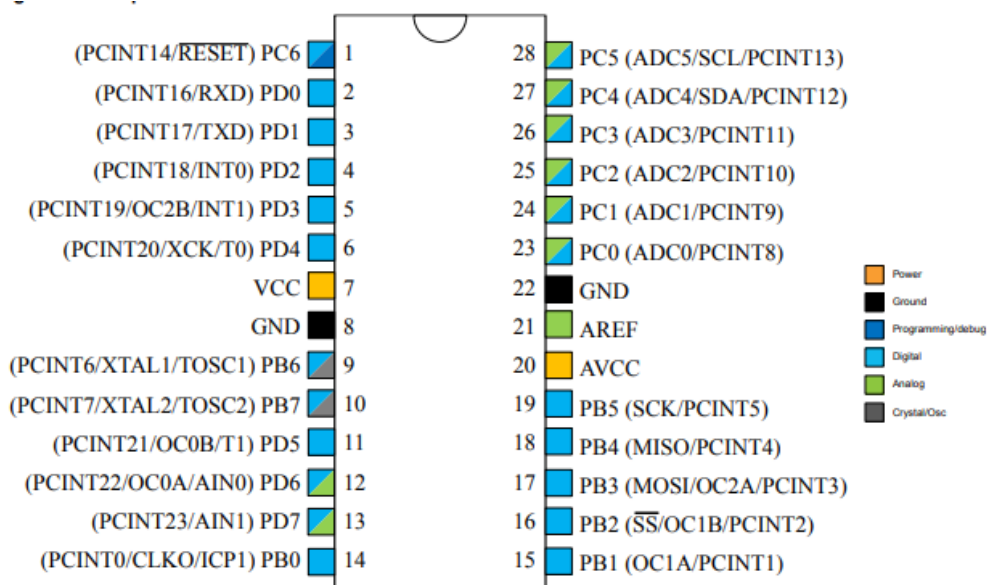


Рисунок 3.5. Розташування виводів АТмега328Р в корпусі PDIP з 28

виводами

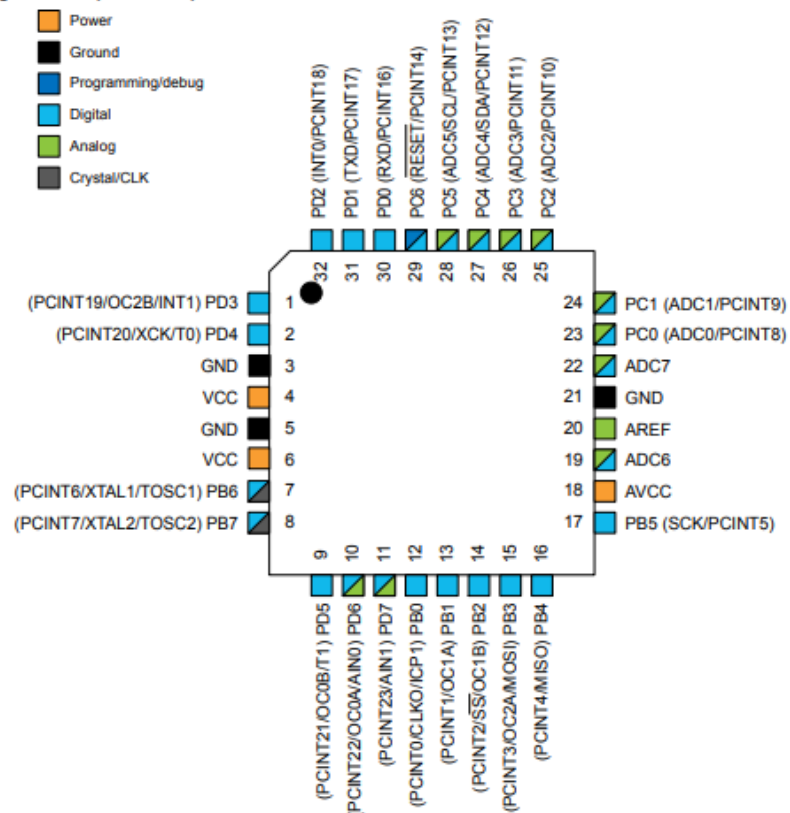


Рисунок 3.6. Розташування виводів АТмега328Р в корпусі TQFP з 32 виводами [20]

Технічні характеристики:

- Ядро: AVR;
- Максимальна частота ядра: 20 МГц;
- Об'єм пам'яті програм: 32 кБайт;
- Тип пам'яті програм: FLASH;
- Об'єм EEPROM пам'яті: 1 кБайт;
- Об'єм оперативної пам'яті: 2 кБайт;
- Кількість входів/виходів: 23;
- Інтерфейси: I2C, SPI, UART/USART;
- Периферія: Brown-out Detect/Reset, POR, PWM, WDT;
- АЦП/ЦАП: A/D 6x10b;
- Напруга живлення: 1.8...5.5 В;
- Робоча температура: -40 ... 85 С. [19]

Чіп ESP8266, який представляє собою інтегровані в одному корпусі Wi-Fi частину, що не вимагає зовнішніх RF компонентів, і 32-бітний процесор Tensilica's L106 Diamond на базі ядра Xtensa. Структурна схема ESP8266 представлдена на рис.3.10.

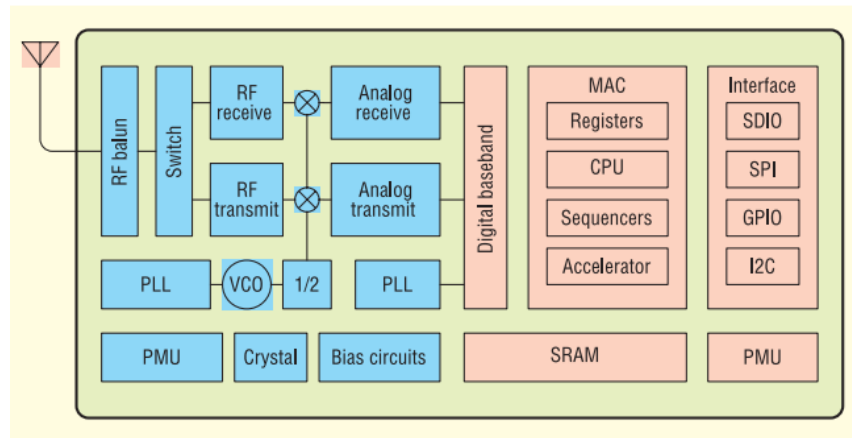


Рис.3.10. Структурна схема ESP8266

Технічні характеристики:

- Wi-Fi-стандарт: 802.11 b/g/n, Wi-Fi 2.4 ГГц, підтримка WPA/WPA2;
- Мікроконтролер: Вбудований, 32-розрядний, малої потужності;
- АЦП: Вбудований 10-розрядний;
- TCP/IP протокол стека: так;
- Підтримувані режими роботи: Клієнт(STA), Точка доступу(AP), Клієнт+Точка доступу(STA+AP);
- Антена: IPEX-інтерфейс для підключення зовнішньої антени;
- Потужність в режимі очікування: < 1.0 мВт (DTIM3)
- Діапазон робочих температур: -40 ° C ~ +85 ° C;
- Живлення в режимі Deep sleep: <10uA;
- Power down leakage current: < 5uA;
- Вихід зі сну та початок передачі: < 2ms;
- Інтерфейси: SDIO 2.0, (H) SPI, UART, I²C, I²S, IRDA, PWM, GPIO, STBC, 1x 1 MIMO, 2x 1 MIMO;
- Напруга живлення: +3,3 В;
- Максимальний струм споживання: 240 мА;

- Частота роботи: 2,4 ГГц;
- Чіп ESP8266ex;
- Обсяг Flash пам'яті: 4 МБ
- Об'єм RAM пам'яті: 80 Кб;
- Розміри: 24x16x3 мм.[22]

Потрібно узгодити напруги. Живлення ESP-12S складає 3,3В. Обраний мікроконтролер має напругу живлення від 2,7 до 5 В. Але ESP-12S споживає великий струм до 200 мА, тому пропонується використати стабілізатор напруги 3,3В.

3.3. Вибір стабілізатора напруги

Для узгодження напруги та струмів застосовуємо стабілізатор напруги 3,3В, а саме AMS1117 рис.3.11. Застосуємо готовий модуль AMS1117.

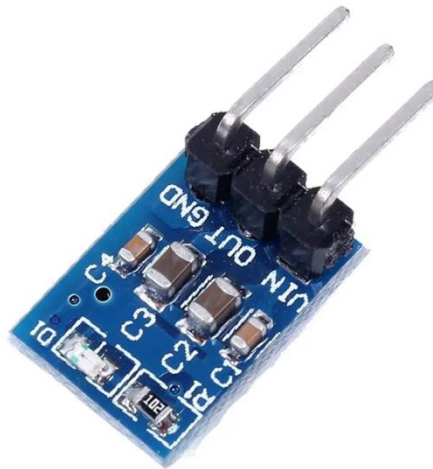


Рисунок 3.11. Модуль стабілізатора AMS1117

Мікросхема живлення AMS1117-5.0 SOT-223 відноситься до типу лінійних стабілізаторів напруги (ЛСН), мікросхема призначена для автоматичної, постійної підтримки стабільної напруги. Залежно від типів стабілізаторів, їх можна використовувати для регулювання однієї або кількох напруг, змінного чи постійного струму.

Стабілізатори напруги набули широкого застосування у повсякденному житті споживача. Однією з таких сфер є використання в блоках живлення

комп'ютерів, де вони стабілізують напругу постійного струму, використовувану процесором та іншими елементами.

Мікросхеми стабілізаторів напруги поділяються на два класи: лінійні стабілізатори та імпульсні стабілізатори. Лінійні стабілізатори – пристрої, які працюють у своїй лінійній галузі. На вхід лінійного стабілізатора подається вхідна, нестабільна напруга, а при виході генерується стабільне. Лінійні стабілізатори прості та не вимагають великої кількості додаткових електронних компонентів.

Імпульсні стабілізатори – здатні генерувати вихідну напругу, яка вища за вхідну або має протилежну полярність. Потужність, що передається через прохідний пристрій, має дискретні імпульси, за рахунок чого досягається більша ефективність, оскільки прохідний пристрій працює як перемикач з низьким імпедансом. Таким чином, ефективність стабілізатора імпульсного коливається в діапазоні від 70 до 90%.

Технічні характеристики стабілізатора AMS1117:

- Корпус SOT-223;
- Серія AMS1117;
- Напруга на виході 4,8-5,1 В;
- Вхідна напруга 1,5-15 В;
- Ток власного споживання 5 мА;
- Максимальний вихідний струм 800 мА;
- Придушення нестабільності джерела живлення (PSRR) 68 дБ;

Допустиме падіння напруги вхід-вихід 1,1 В;

- Робоча температура від -40 до 125 ° С;
- Розміри (ВхДхШ) 1,8 x 6,5 x 3,5 мм;
- Вага 280 мг. [23]

3.4. Вибір датчика витрати води

Для вимірювання витрату води на підприємстві потрібно застосувати датчик витрати води. В якості такого датчика обираємо витратомір охолоджуючої рідини Kooolance INS-FM17N, що представлений на рис.3.12.



Рисунок 3.12. Витратомір рідини Kooolance INS-FM17N

Схема підключення адаптера ADT-FM03 до датчика потоку INS-FM17N представлена на рис.3.13.

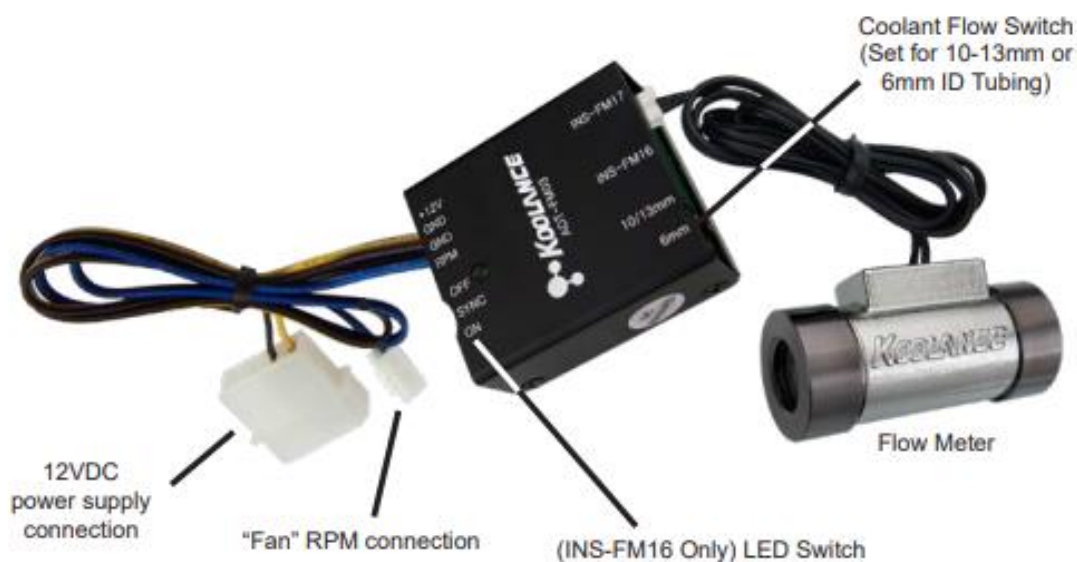


Рисунок 3.13. Схема підключення адаптера ADT-FM03 до датчика потоку INS-FM17N

Технічні характеристики:

- Точність (прибл.) $\pm 5\%$;
- Діапазон швидкості потоку: 1,0-20 LPM (л/хв) або 15,6-317 GPH(галон/ хв);
- Вага: 0,06 кг;
- Напруга живлення: 12 В;
- Монтажна різьба: G 1/4 BSPP;
- Макс. допустимий тиск при 25°C: 2 кгс/см² (28,5 фунтів на квадратний дюйм);
- Максимальна допустима температура: 70°C (158°F);
- Мінімальна температура зберігання: (без заморожування) 0°C (32°F);
- Змочувані матеріали Нікельована латунь, латунь, акрил PMMA, нержавіюча сталь, ацеталь POM, пластик, SmCo5.

Витратомір охолоджуючої рідини Koolance INS-FM17N має додатковий адаптер для живлення завдяки чому не потрібно застосовувати стабілізатор напруги, так як обраний мікроконтролер має живлення 5 В. [24]

3.5. Вибір датчика температури

Для вимірювання температури води для підприємства потрібно використати датчик. В розділі було запропоновано обрати терморезистивний датчик температури. Отже, в якості температурного датчика обираємо NT-10k-B-NTC, що представлений на рис.3.14.



Рисунок 3.14. Температурний датчик NT-10k-B-NTC

Схема підключення датчика температури представлена на рис.4.14.



Рисунок 3.15. Схема підключення датчика температури NT-10k-B-NTC

Принцип дії NT-10K-B-NTC ґрунтується на властивості напівпровідника чутливого елемента змінювати електричний опір залежно від температури. Зміна опору реєструється вторинним приладом, вимірювальний ланцюг якого включений NT-10K-B-NTC.

Чутливий елемент є термістор, поміщений в захисну арматуру.

Виводи чутливого елемента виведені кабелем для підключення до вимірювального ланцюга вторинного приладу.

Технічні характеристики температурного датчик NT-10k-B-NTC:

- Робочий діапазон вимірюваних температур, °C Від -40 до +125;
- Діапазон температур для кабелю, °C Від -30 до +80;
- Номінальна статична характеристика при 25 ° C 10 ком NTC B25/85 3977K;
- Клас допуску, % 2;
- Довжина дроту, мм 1500;
- Довжина монтажної частини, мм 15;
- Показник теплової інерції, з 15...16;
- Опір ізоляції при (25±10) °C та відносній вологості до 80 %, Мом, щонайменше 100;
- Макс. потужність, що розсіюється, мВт, не більше 0.5.[25]

3.6. Вибір дисплею

Для виводу показів потоку води на підприємстві, температури води пропонується використати рідкокристалічний дисплей LED 1602 з модулем I2C (рис.3.16).

LCD – дисплей 1602 + модуль шини I2C/ПІС - ідеальне рішення для проєктів, які розробляються за допомогою родини мікроконтролера Ардуїно. Дисплей Arduino 1602 може показувати інформацію в 16 символах, які розміщуються на два рядки.

Під час підключення графічного дисплея використовується модуль I2C (рис.3.17), який дуже сильно спрощує підключення і водночас використовує тільки 4 піна для під'єднання. Два використовуються для живлення і два для передавання даних.



Рис. 3.16. LED 1602 I2C



Рис. 3.17. Підключення LED 1602 I2C до Arduino

Характеристики:

- Розміри: 80 x 36мм;
- Робоча температура: 0~50°C;
- Підсвічування: блакитне;
- Колір символів: білий;
- Розмір символу: 4.35 x 2.95мм;
- Формат: 16 x 2;
- Розміри крапки: 0.5 x 0.5мм;
- Інтерфейс: I2C;
- Видима область: 64.5 x 13.8мм;
- Живлення: 5В.[26]

3.7. Вибір елемента комутації

Для вмикання пристрою використовується тактова кнопка. Для цього необхідна міцна кнопка, так як враховується сила та кількість натиснень. Пропонується обрати тактову кнопку ТАСТ 6х6-8.5 2-pin (рис. 3.18).



Рис. 3.18. Кнопка тактова ТАСТ 6х6-8.5 2-pin

Технічні характеристики:

- Серія/Типорозмір: 6х6 мм;
- Тип перемикача: тактова кнопка;
- Кількість положень: 2;
- Кількість полюсів: 1;
- Контактні групи: SPST;

- Алгоритм роботи: OFF-(ON);
- Максимальний струм: 50 мА;
- Макс. напруга : 12 В;
- Загальна висота кнопки 8.5 мм;
- Орієнтація толкача: пряма 180°;
- Матеріал корпусу: пластик;
- Робоча температура: -25 ° С ... +70 ° С. [27]

3.8. Вибір світлової сигналізації

Для індикації критично напору води малий та великий рівень пропонується застосувати синій та червоний DIP світлодіод: синій – для критично малого рівня та червоний – для критично великого (рис. 3.19).



Рис. 3.19. DIP світлодіоди ArduinoKit червоного та синього кольору

Технічні характеристики:

- Напруга живлення: 2 - 2,2 В.
- Колір колби, світлодіода: червоний та синій.
- Діаметр колби: 5mm.
- Сила струму: 20 mA.
- Кількість в упаковці: 50 шт. [28]

3.9. Вибір блока живлення

Врахувавши та узгодивші всі напруги живлення елементів, пропонується використати на блок живлення на 5 В (рис. 3.20). Пропонується використати імпульсний блок живлення 5В 2А PROLUM Series "P" 10Вт рис.3.20.

Блок живлення PROLUM Series P – це модель імпульсного блоку живлення нарозеточного типу постійного (DC) напруги 5 Вольт виконаного в пластиковому корпусі. Блок живлення 5В 2А Series P 10Вт випускається брендом PROLUM – відомою українською торговою маркою, що займається випуском світлодіодної продукції та надійних джерел живлення. Імпульсний блок живлення PROLUM Series P використовується для забезпечення живлення множини слаботочних пристроїв



Рис. 3.20. Імпульсний блок живлення 5В 2А PROLUM Series "P"

Технічні характеристики:

- Межі робочих температур: $-25 +40\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Дистанційне керування: Ні;
- Вихідна напруга: 5 В;
- Мінімальна вхідна напруга: 110 В;
- Максимальна вхідна напруга: 240 В;
- Захист від перевантаження: Так;
- Ступінь захисту: IP20;
- Вихідний струм не більше: 2 А;

- Кількість фаз: 1;
- Тип монтажу: навісний;
- Виробник: PROLUM;
- Країна виробник: Китай;
- Гарантійний термін: 12 міс;
- Захист від короткого замикання: Так;
- Тип індикації: Світлодіодна;
- Матеріал корпусу: Пластик;
- Тип блоку живлення: Імпульсний.

Розглядаючи ключові можливості блоку живлення PROLUM Series P, а також інформацію про технічні дані, що надається виробником, можна відзначити наступні можливості та переваги даної моделі:

Оптимально підходить для чутливого обладнання по відношенню до рівномірності напруги.

Стабілізована напруга, що виходить – мінімізація відхилень від номінальної напруги 5 Вольт навіть при пікових навантаженнях

Широкий діапазон робочої напруги від 110В до 240В

Компактне виконання – блок живлення ставиться до нарозеточного типу, тобто має вбудовану в пластиковий корпус вилку для підключення до мережі 220В, позбавляючи зайвих проводів та підвищуючи естетичну складову в організації живлення обладнання.

Достатня довжина дроту для зручного підключення – 90 сантиметрів.

[29]

3.10. Побудова електрично-принципової схеми

Всі складові вище описані та обґрунтовані, побудуємо принципову схему для системи вимірювання витрати води (рис. 3.21).

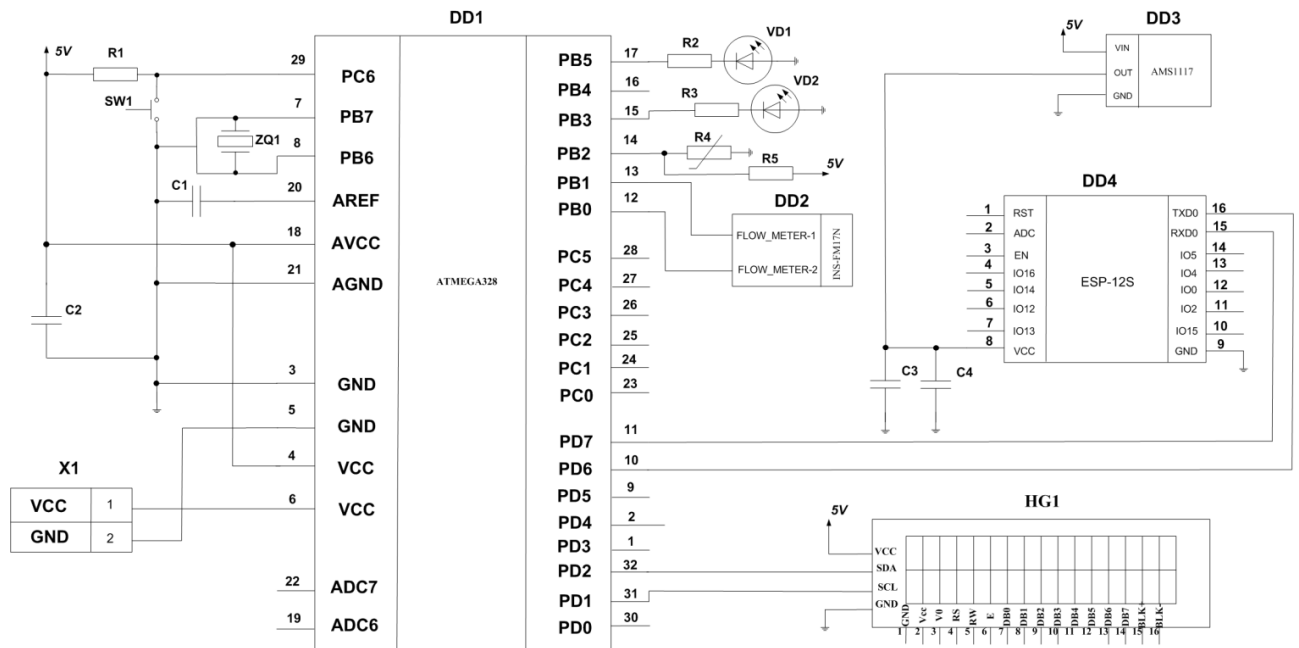


Рис. 3.21. Принципова схема

Складові схеми системи наступні:

- DD1 – мікроконтролер ATmega328P;
- DD2 – датчик витрат рідини INS-FM17N;
- DD3 – стабілізатор напруги AMS1117;
- DD4 – wi-fi модуль ESP-12S;
- HG1 – рідкокристалічний дисплей LCD 1602 Blue I2C;
- SW1 – тактова кнопка ТАСТ 6x6-8.5 2-pin;
- VD1, VD2 – DIP світлодіод синій та червоний;
- ZQ1 – кварцевий резонатор 16МГц;
- R1-R3 – 1 кОм;
- R4 – температурний датчик NT-10k-B-NTC;
- R5 – 10 кОм;
- C1– 100нФ, C2 – 4,7мкФ; C3 – 10мкФ; C4 – 100пФ.

3.11.Розробка друкованої плати

Було обрано середовище EasyEDA online, так як не потрібно завантажувати програму на комп'ютер, середовище має багато бібліотек з

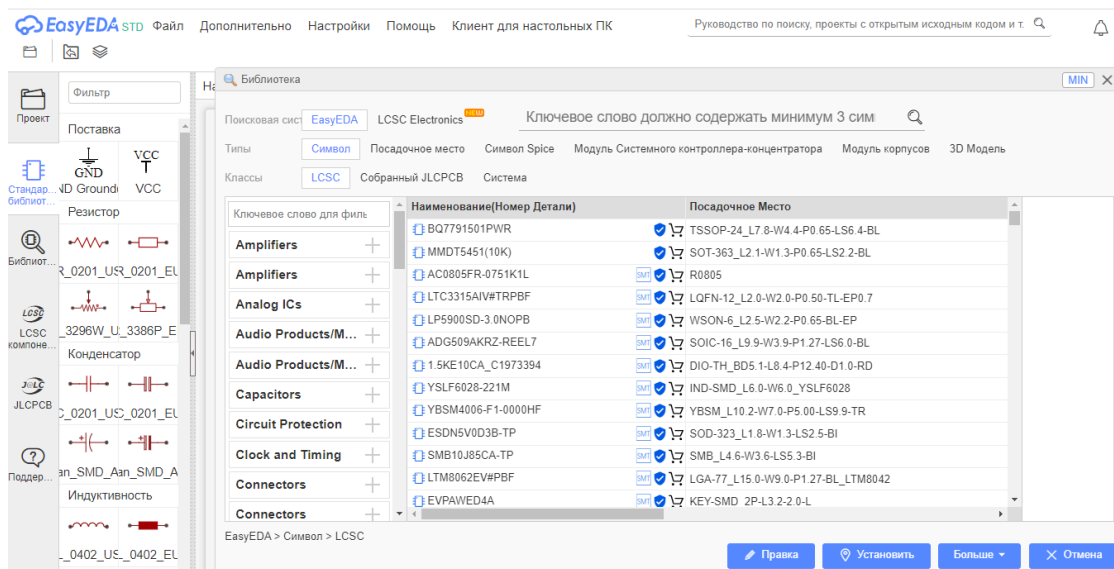


Рис. 3.24. Пошук нестандартних елементів у програмі EasyEDA

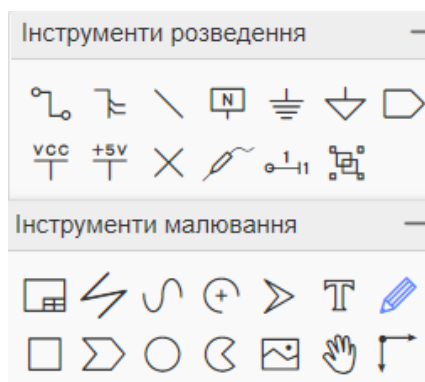


Рис. 3.25. Інструменти для створення елементів у програмі EasyEDA

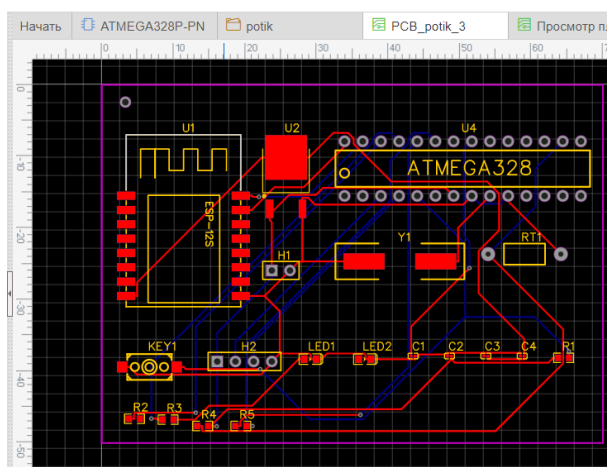


Рис. 3.26. Друкована двошарова плата з розмірами 51x70мм

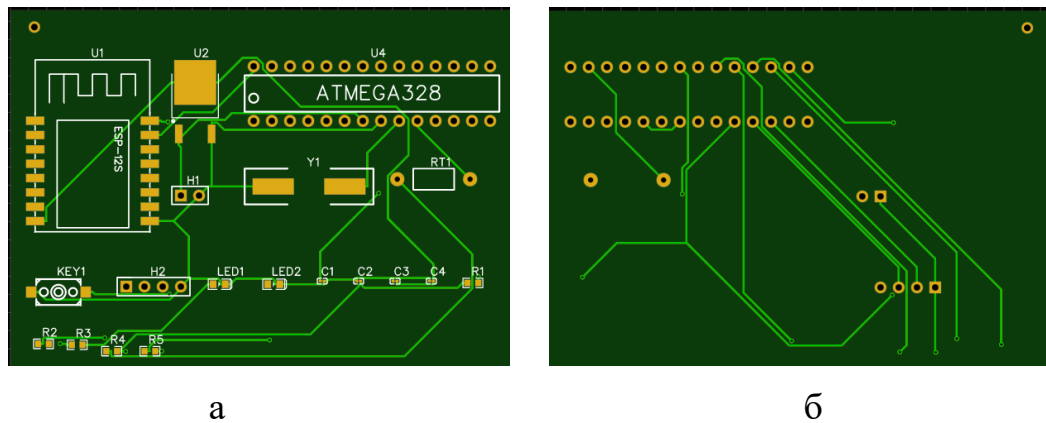


Рис. 3.27. Друкована плата з зеленою маскою: а – перша сторона плати,
б – друга сторона плати

Розроблена друкована плата вимірювальної системи двошарова та представлена на (рис.3.27, 3.27 а, б). Дисплей підключається до плати через роз'єм на чотири виводи. Розміри плати: 70 x 51мм.

Висновок до 3 розділу

В третьому розділі були вибрані складові вимірювальної системи. Були описані технічні характеристики та схеми підключення обраних складових. На базі обраних компонентів була побудована принципова схема.

На базі принципової схеми була побудована друкована плата. Розміри плати склали 70 x 51мм.

4. РОЗРОБКА ПРОГРАМНО -АЛГОРИТМІЧНОГО ТА МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

4.1. Розробка алгоритму

Для роботи комп'ютеризованої системи для вимірювання було побудовано блок-схему алгоритму, що представлений на рис.4.1.

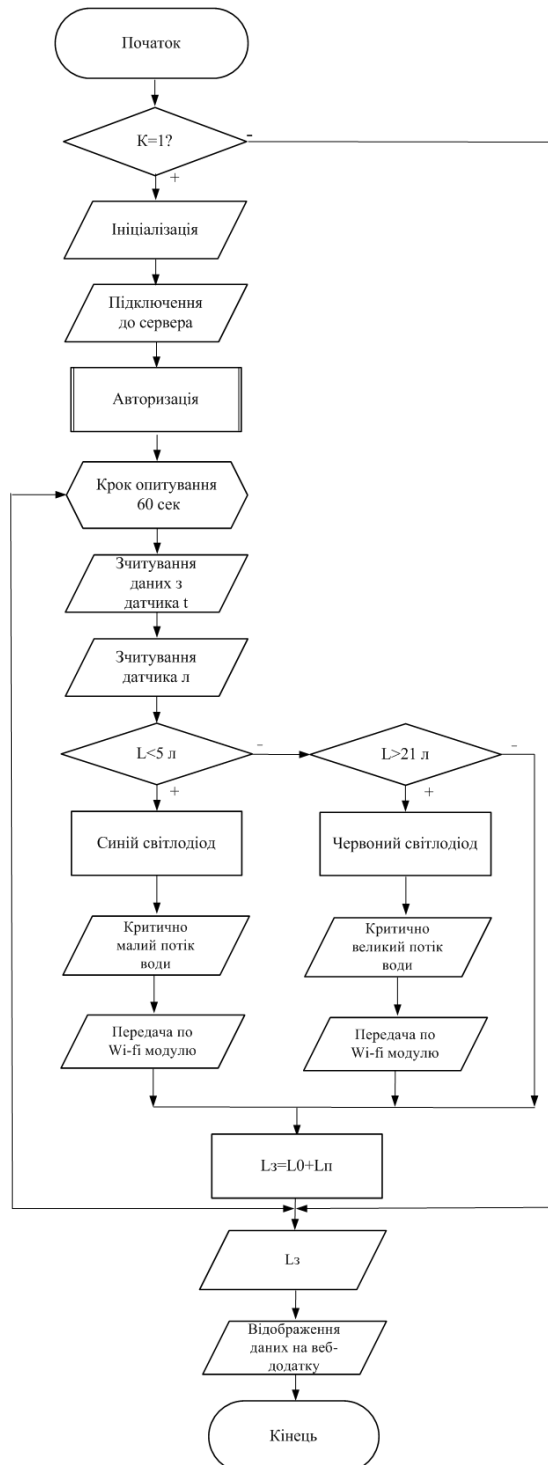


Рис.4.1.Блок-схема алгоритму

Блок початок виконує початок роботи комп'ютеризованої системи для вимірювання витрати води.

Натупний блок кнопка запускає систему вимірювання. Програма перевіряє чи натиснута кнопка. Якщо кнопка має положення натиснута, то система відповідно вмикається та починає свою роботу.

Блок ініціалізація відповідає за визначення пінів мікроконтролера та змінних.

Блок підключення до серверу виконує пошук смартфоном/планшетом/ноутбуком системи вимірювання витрат води.

Блок авторизація виконує введення паролю та підключення до серверу (система вимірювання витрат води).

Блок опитування шістдесят секунд задає цикл для опитування датчиків кожні шістдесят секунд. Цикл буде повторюватись постійно поки не вимкнено пристрій.

Блок зчитування даних з датчика температури вимірює та передає дані температури на мікроконтролер.

Блок зчитування даних з датчика потоку, зчитує кількість літрів, які пройшли за шістдесят секунд та підсумовує з попередніми значеннями в блоці обчислень.

Потім два блока умови. Ці блоки відповідають за критичний потік води. Якщо менше 5 літрів за 60 секунд, то це критично малий напір води і в такому випадку спрацьовує світлова сигналізація і світиться синій світлодіод. В випадку великого напору також спрацьовує світлова сигналізація та світиться червоний світлодіод.

Блок порівняння з критичним значенням порівнює, та в випадку невідповідності умови загоряється червоний світлодіод.

Також про критичний потік води виводиться повідомлення на дисплей та відправляється на браузер wi-fi по модулю.

Потім в блоку обчислень визначається L_3 загальний сума літрів води дорівнює L_0 нульовго плюс L_1 поточне.

Потім вивід значення загального потоку води L_3 , що пройшла з запуску системи на дисплей.

Відображення витрат води та інших вимірних даних на веб-додатку.

Після відправки та виведення даних система зациклюється та продовжує вимірювання поки кнопку не натиснуть на вимкнення і відповідно відбудеться кінець роботи програми.

4.2.Розробка програми для мікропроцесору

Для написання коду використовувалась мова програмування Wiring. Це мова програмування для Arduino, і фактично програми пишуться на C/C++, а компілюються та збираються за допомогою широко відомого `avr-gcc`.

Всі особливості зводяться до того, що є набір бібліотек, що включає деякі функції (на зразок `pinMode`) і об'єкти (на зразок `Serial`), а при компіляції Вашої програми середовище розробки створює тимчасовий `.cpp` файл, в який крім Вашого коду включається ще кілька рядків, і отриманий результат згодовується компілятору, а потім лінковнику з потрібними параметрами.

Також потрібна була програма Arduino IDE. Це інтегроване середовище розробки для Windows, MacOS та Linux, яке розроблене на Cі та C++ та призначене для створення та завантаження програм на Arduino-сумісні плати, а також на плати інших виробників.

Програми, що написані на Wiring в Arduino IDE, називаються скетчі (транслітерація від англ. *sketch*) і зберігаються у файлах із розширенням `*.ino`. Ці файли перед компіляцією обробляються препроцесор Ардуїно. Також існує можливість створювати та підключати до проекту стандартні файли C++.

Розробник обов'язково прописує дві функції в програмі для Arduino: `setup()` та `loop()`. `Setup()` викликається одноразово при старті, `loop()`. Відповідає за нескінченний цикл.

У текст своєї програми (скетчу) програміст не вставляє посилання на файли використовуваних стандартних бібліотек. Ці файли заголовки

додаються автоматично препроцесором Arduino відповідно до конфігурації проекту. Але бібліотеки нестандартні потрібно прописувати.

Необхідні бібліотеки можна скачати на офіційному сайті. Наприклад нам потрібно будуть бібліотеки для рідкокристалічного дисплея, wi-fi модуля та датчика температури: `#include <WiShield.h>` та `#include <LiquidCrystal.h>` відповідно.

Бібліотеки у вигляді папок та архівів додаються до спеціальної папки в робочому каталозі IDE, а потім назва бібліотеки додається до списку бібліотек у меню IDE. Програміст прописує на початку програми необхідні бібліотеки, і вони вносяться до списку компіляції.[30]

Код програми для розробленої системи представлений в Додатку А.

4.3. Розробка програми для веб-сторінки

Для створення веб-сторінки застосуємо наступні інструменти: HTML, CSS, Java Script, Json.

Для верстки сторінки та стилів застосуємо HTML, CSS. Сторінка буде в вигляді табличної верстки. Будуть, як строчки таблички відображатися дата, температура води та витрати води.

JavaScript – це мова програмування, яка використовується для створення та керування динамічним вмістом веб-сайту.

Для написання веб-програм Json. Json використовується переважно для передавання структурованої інформації через мережу. JSON з'явився через необхідність обміну даними із сервером у реальному часі без використання плагінів для браузерів, flash-додатків або Java-апплетів. [30]

Розроблена програма для веб-сторінки представлена в Додатку Б.

Скріншоти робочої веб-сторінки в різний час роботи представлені на рис.4.2-4.3.

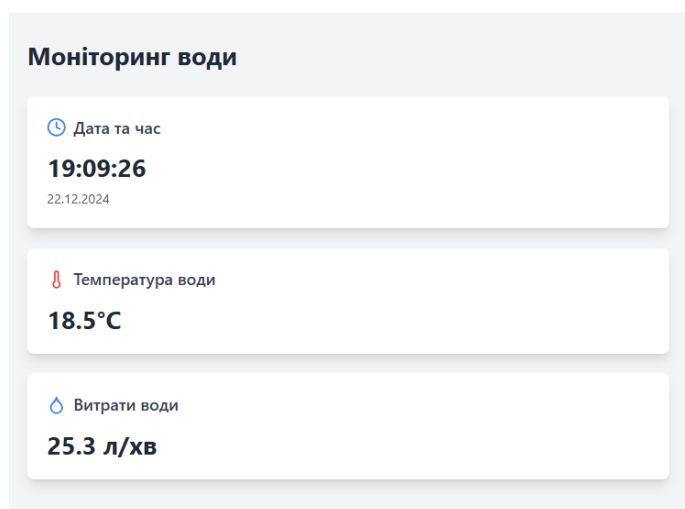


Рис.4.2. Скріншот 1 робочої веб-сторінки

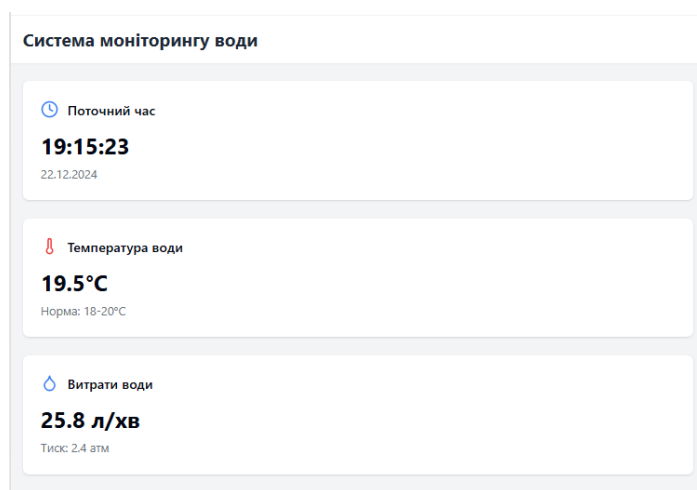


Рис.4.3. Скріншот 2 робочої веб-сторінки

На даних скріншотах відображається інтерфейс системи моніторингу води. Сторінка зверстана в вигляді таблиці. В рядках відображається поточний час вимірювання. Температура води, що протікає в даний час. Витрати води літрів за 1 хвилину.

4.4. Методи програмно-алгоритмічної обробки вимірювальної інформації

За робочий день було проведено зняття показів витрати води. Протягом дня кожні 30 хвилин був здійснений моніторинг витрати води на промисловому підприємстві. Показники витрати води були зведені в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1. Показники витрати води

№	Час	Температура (°C)	Витрати (л/хв)
1	08:00	18.5	20.3
2	08:30	18.6	21.2
3	09:00	18.8	22.5
4	09:30	19	24.7
5	10:00	19.2	26.2
6	10:30	19.4	27.8
7	11:00	19.5	28.4
8	11:30	19.6	29.9
9	12:00	19.8	30.3
10	12:30	19.9	30.1
11	13:00	20	29.8
12	13:30	19.9	28.7
13	14:00	19.8	27.4
14	14:30	19.7	26.9
15	15:00	19.6	25.8
16	15:30	19.5	24.6
17	16:00	19.4	23.7
18	16:30	19.3	22.8
19	17:00	19.2	21.9
20	17:30	19.1	21.2
Середні значення		19.4°C	25.7 л/хв

Графік розподілу вимірних даних представлений на рис.4.4.

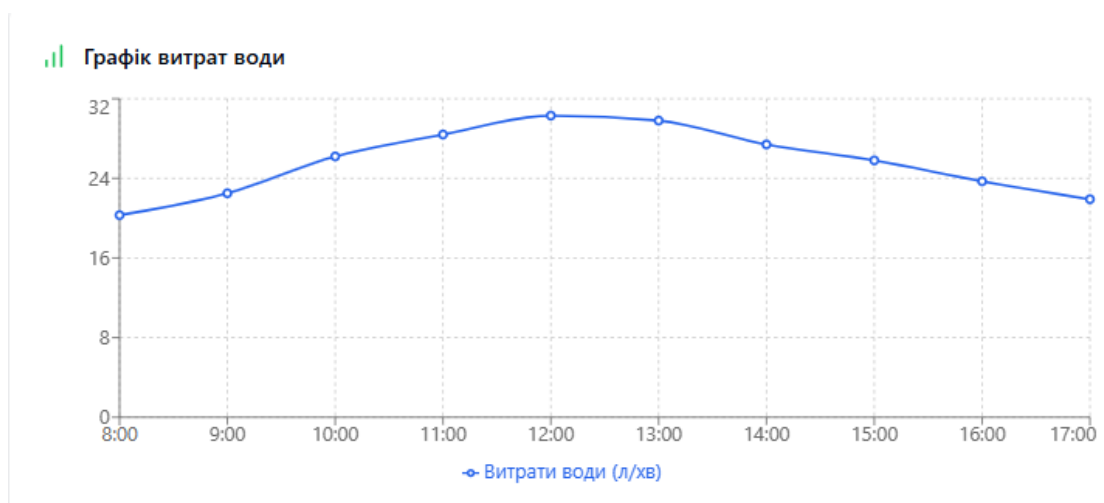


Рис.4.4. Розподіл вимірних даних витрат води від часу

Потрібно зробити обробку результатів вимірювання. Вимірювання можуть бути з помилками та грубими відхиленнями. Для автоматизації

обрахунку потрібно написати програму для методів програмно-алгоритмічної вимірювальної інформації.

Для виключення грубих похибок застосовують апарат перевірки статистичних гіпотез. У метрології використовуються статистичні гіпотези, під якими розуміють гіпотези про вид невідомого розподілу, або про параметри відомих розподілів.

Областю прийняття гіпотези (областю допустимих значень) називають сукупність значення критерію, при яких гіпотезу приймають. Критичною називають сукупність значень критерію, при яких нульову гіпотезу відкидають. Область прийняття гіпотези і критична область розділені критичними точками, що дорівнюють табличним значенням критеріїв.

Нульова статистична гіпотеза підтверджує належність "підозрілого" результату вимірювання (спостереження) даній групі вимірювань, що перевіряється. Формальним критерієм аномальності результату спостережень (підставою для ухвалення конкуруючої гіпотези: "підозрілий" результат не належить даній групі вимірювань) при цьому служить межа, що відстоїть від центру розподілу на величину tS .

Таким чином, межі похибок залежать від виду розподілу, об'єму вибірки і вибраної довірчої ймовірності. При обробці вже наявних результатів спостережень довільно відкидати окремі результати не слід, оскільки це може привести до фіктивного підвищення точності результату вимірювань. Група вимірювань (вибірка) може містити декілька грубих похибок і їх виключення проводять послідовно, тобто поодинці.

Всі методи виключення грубих похибок (промахів) можуть бути розділені на два основні типи:

- а) методи виключення при відомому генеральному СКВ;
- б) методи виключення при невідомому генеральному СКВ.

Оскільки на практиці частіше зустрічаються вимірювання при невідомому СКВ (обмежене число спостережень), далі розглянуті такі критерії перевірки підозрілих (з точки зору похибок) результатів

спостережень:

1)Критерій Ірвіна – для отримання еспериментальних даних визначають коефіцієнт по формулі:

$$\lambda = \frac{(x_{n+1} - x_n)}{S} \quad (4.1)$$

де x_{n+1} , x_n – найбільші значення випадкової величини; S – середнє квадратичне відхилення, обчислене по всіх значеннях вибірки. Потім цей коефіцієнт порівнюється з табличним значенням λ_q , можливі значення якого наведені в додатку Г (Табл. 1). Якщо $\lambda > \lambda_q$, то нульова гіпотеза не підтверджується, тобто результат – помилковий, і він має бути виключений при подальшій обробці результатів спостережень.

2)Критерій Романовського – конкуруюча гіпотеза про наявність грубих похибок в підозрілих результатах підтверджується, якщо виконується нерівність:

$$|x_n - \bar{x}| \geq t_p S \quad (4.2)$$

де t_p – квантиль розподілу Стюдента при заданій довірчій ймовірності з числом мір свободи $k = n - k_n$. Значення квантилів для розподілу Стюдента представлені в додатку А (Табл. 2.). Точкові оцінки розподілу x і СКВ результатів спостережень обчислюється без урахування k_n — підозрілих результатів спостережень.

3)Критерій Діксону – заснований на припущенні, що похибки вимірювань мають нормальний закон розподілу (заздалегідь необхідна побудова гістограми результатів спостережень і перевірка гіпотези про приналежність нормальному закону розподілу). При використанні критерію обчислюють коефіцієнт Діксону (спостережуване значення критерію) для перевірки найбільшого або найменшого екстремального значення залежно від числа вимірювань.

Нульова гіпотеза про відсутність грубої похибки виконується, якщо

виконується нерівність $r < r_q$. Якщо $r > r_q$, то результат визнається грубою похибкою і виключається з подальшої обробки.

Також для обчислень цих критеріїв вибірки потрібно обрахувати середнє арифметичне значення, середнє квадратичне значення, медіану.

Визначення середньо арифметичного значення результатів багатократних вимірювань фізичної величини обраховується за формулою:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_i x_i \quad (4.3)$$

Визначення середньгеометричного значення результатів багатократних вимірювань фізичної велечини обраховується за формулою:

$$G(x) = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n x_j} \quad (4.4)$$

Визначення значення медіани результатів багатократних вимірювань фізичної велечини, так як масив має парне число значень, формула для знаходження медіани обраховується за формулою:

$$M = \frac{x_{(n/2)} + x_{(n/2)+1}}{2} \quad (4.5)$$

Відносно оцінки фізичної велечини знаходимо значення незміщеної оцінки дисперсії сукупності спостережених значень. Знаходження дісперсії обраховується за формулою:

$$S = \sqrt{\frac{\sum i(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (4.6)$$

Знаходимо незміщену оцінку середньоквадратичного відхилення середнього значення. Знаходження середньоквадратичного відхилення середнього значення обраховується за формулою:

$$S_x = \frac{S}{\sqrt{20}} \quad (4.7)$$

Для обрахунку виміряних значень була створена програма Додаток Б.

Проведемо експеримент з вибіркою в 20 значень та отримаємо відповідні дані табл.4.2.

Вибірка X1:

X1 = [20.3 21.2 22.5 24.7 26.2 27.8 28.4 29.9 30.3 30.1 29.8 28.7 27.4 26.9 25.8 24.6 23.7 22.8 21.9 21.2];

Середньоарифметичного значення результатів багатократних вимірювань опору для вибірки X1:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_i x_i = 25.710.$$

Середньо геометричного значення результатів багатократних вимірювань опору для вибірки X1:

$$G(x) = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n x_j} = 25.503.$$

Значення медіани результатів багатократних вимірювань фізичної величини опору для вибірки X1:

$$M = \frac{x_{(n/2)} + x_{(n/2)+1}}{2} = 26.00.$$

Оцінки випадкової величини наступні:

Оцінка дисперсії: 3.318.

Середньоквадратичного відхилення середнього значення: 0.742.

Висновок: значення не перевищують допустимий діапазон.

Визначаємо закон розподілу результатів вимірювань на основі побудови гістограми для вибірки X1 рис.4.2.

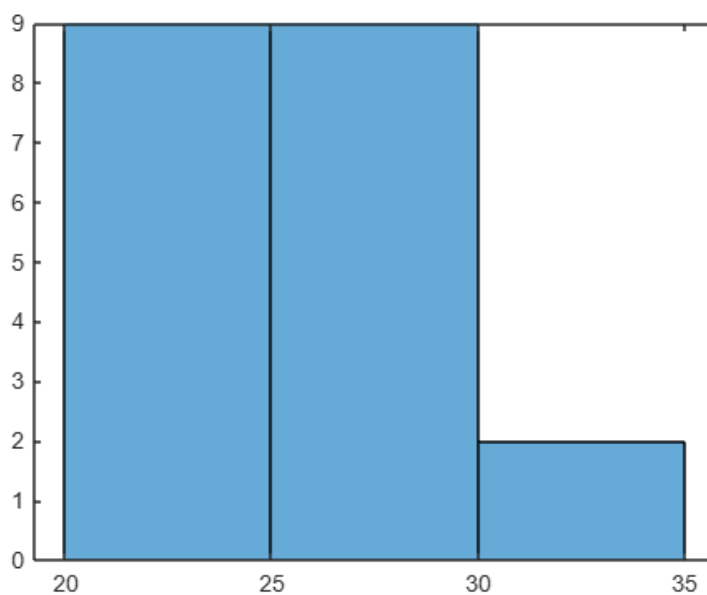


Рис.4.2. Закон розподілу результатів вимірювань на основі побудови гістограми для вибірки X_1

Виконуємо перевірку на наявність грубих помилок за критерієм Ірвіна, для цього визначаємо коефіцієнти по формулі (4.1).

Таблиця 4.2. Обрахунок наявності похибки у вибірці за критерієм Ірвіна

N	X_1	Похибка
1	20.3	Відсутня
2	21.2	Відсутня
3	22.5	Відсутня
4	24.7	Відсутня
5	26.2	Відсутня
6	27.8	Відсутня
7	28.4	Відсутня
8	29.9	Відсутня
9	30.3	Відсутня
10	30.1	Відсутня
11	29.8	Відсутня
12	28.7	Відсутня
13	27.4	Відсутня

14	26.9	Відсутня
15	25.8	Відсутня
16	24.6	Відсутня
17	23.7	Відсутня
18	22.8	Відсутня
19	21.9	Відсутня
20	21.2	Відсутня

Як бачимо з результатів обчислення, декілько результатів вимірювання вважається помилковим, тому їх потрібно виключити при подальшій обробці результатів спостережень.

За критерієм Романовського обрахуємо помилки табл.4.3.

Таблиця 4.3. Обрахунок наявності похибки у вибірці за критерієм

<i>N</i>	<i>X₁</i>	Похибка
1	20.3	Відсутня
2	21.2	Відсутня
3	22.5	Відсутня
4	24.7	Відсутня
5	26.2	Відсутня
6	27.8	Відсутня
7	28.4	Відсутня
8	29.9	Відсутня
9	30.3	Відсутня
10	30.1	Відсутня
11	29.8	Відсутня
12	28.7	Відсутня
13	27.4	Відсутня
14	26.9	Відсутня
15	25.8	Відсутня
16	24.6	Відсутня
17	23.7	Відсутня
18	22.8	Відсутня

19	21.9	Відсутня
20	21.2	Відсутня

За обрахунками значення з грубою помилкою не виявилось, при подальшій роботі з вибіркою не потрібно виключити якісь значення.

Оцінки елімінованого масиву за критерієм Діксона.

Середнє значення: 25.710.

Допустимий діапазон: 25.710 +/- 1.291.

Висновки до 4 розділу

В четвертому розділі було розроблено програмне забезпечення для мікропроцесора, веб-сторінки та оцінки метрологічних характеристик.

Для роботи системи в цілому була складана блок-схема алгоритму та написана програма для мікропроцесора. Була створена веб-сторінка для відображення виміряних даних дати, температур води та витрат води.

Був проведений експеримент з вибіркою в 20 виміряних значень температури та витрати води. Був побудований графік розподілу виміряних даних. Для аналізу та обрахунку метрологічного забезпечення комп'ютеризованої системи була створена програма. Обраховано середнє значення, медіана, середнє квадратичне значення, дисперсія. Вимірянні дані оцінені за критеріями Ірвіні, Романовського та Діксона. За виміряними критеріями програма визначила, що всі значення припустимі.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи розроблено комп'ютеризовану систему для вимірювань витрат води на промисловому підприємстві.

У першому розділі проведено загальний огляд існуючих систем для вимірювання витрат води на промисловому підприємстві. До недоліків аналогів можна віднести високу цінову політику та невисоку точність в паспортних даних існуючих приладів. Також розглянуті методи вимірювання витрати води. Для розробки вимірювальної системи витрат води обрано метод вихрового вимірювання.

В другому розділі було розглянуто фізичний принцип вимірювання вихрового методу вимірювання витрат речовини. Описана математична формула знаходження витрати рідини. Обґрунтований вибір елементної бази та побудована структурна схема.

В третьому розділі були вибрані складові вимірювальної системи, описані їх технічні характеристики та схеми підключення. На базі обраних компонентів була побудована принципова схема. На базі принципової схеми була побудована друкована плата. Розміри плати склали 70 x 51мм.

В четвертому розділі було розроблено програмне забезпечення для мікропроцесора, веб-сторінки та оцінки метрологічних характеристик.

Для роботи системи в цілому була складана блок-схема алгоритму та написана програма для мікропроцесора. Була створена веб-сторінка для відображення виміряних даних дати, температур води та витрат води.

Був проведений експеримент з вибіркою в 20 виміряних значень температури та витрати води. Був побудований графік розподілу виміряних даних. Для аналізу та обрахунку метрологічного забезпечення комп'ютеризованої системи була створена програма. Обраховано середнє значення, медіана, середнє квадратичне значення, дисперсія. Вимірянні дані оцінені за критеріями Ірвіні, Романовського та Діксона. За виміряними критеріями програма визначила, що всі значення припустимі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кориолісовий перетворювач Micro Motion 5700 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.testrite.com.ua/management_console_model_5700.html.
2. Витратомір Rosemount 3051SFC [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.emerson.com/documents/automation/rosemount-3051sfc-en-455014.pdf>.
3. TUF2000B витратомір ультразвуковий [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gtest.com.ua/uk/TUF2000B.html>.
4. Електромагнітний витратомір ЕРС [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://regmik.ua/uk/elektromagnitnyj-vytratomir-ers-50>.
5. Стеценко А.А. Науково-технічна база системи вимірювання та обліку витрат текучого середовища/ А.А. Стеценко// Зб. наук. праць Харк. ун-ту Повітряних Сил. – Харків, 2013. – Вип. 3 (36). – С. 193–198.
6. Вимірювання витрати і кількості речовини [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/1009905/mod_resource/content/207.pdf.
7. Вимірювання витрати рідин і газів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eximpribor.com.ua/ua/blog/vimirjuvannja-vitrati-ridin-i-gaziv>.
8. Грищук Ю.С. Мікропроцесорні пристрої: Навчальний посібник. – Харків: НТУ, «ХІП», 2007. 280с.
9. Як обрати мікроконтролер [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://radiostorage.net/1023-kakoj-vybrat-mikrokontroller.html>.
10. Як працює Wi-Fi [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://plenet.com.ua/?p=1036>.
11. Як підключити Wifi модуль до Ардуіно [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://texnogid.biz.ua/wi-fi/iak-pidkliuchyty-wifi-modul-do-arduino-proshyvka-ta-nalashtuvannia.html>.
12. Принцип роботи датчиків потоку [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ayvaz.com.ua/news/68-printsip-raboty-datchika-protoka-vody>.

13. Лопатеві датчики потоку [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://megasensor.com/products/lopastnye-datchiki-potoka>.
14. Як вибрати датчики температури [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://ao-tera.com/ua/technology/types-of-temperature-sensors>.
15. What is Smart LCD and Its Smart Lcd Benefits Available [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://businessmag.com.au/what-is-smart-lcd-and-its-benefits>.
16. Кнопки, перемикачі, тумблери [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://gsm-komplekt.ua/category/knopki-pereklyuchateli-tumbleri>.
17. Різноманітність світлодіодів [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://5watt.ua/uk/blog/statti/yakimi-buvayut-svitlodiodi>.
18. Будіщев М. С. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка. Підручник. – Львів: Афіша, 2001. – 424 с.
19. ATmega328P [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.microchip.com/en-us/product/ATmega328P>.
20. Datasheet ATmega328P [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kosmodrom.com.ua/el.php?name=ATmega328P-PU>.
21. ESP-12S – Wi-Fi-модуль [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kosmodrom.com.ua/el.php?name=ESP8266-ESP-12S>.
22. Огляд мікросхем ESP8266 для створення власних WiFi пристроїв [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.microchip.ua/publicazii/02-15.pdf>.
23. Модуль стабілізатора AMS1117 [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://asenergi.com/catalog/microchip/power/ams1117-50-sot-223.html>.
24. Datasheet INS-FM17N [Електроний ресурс]. – Режим доступу: https://koolance.com/files/products/manuals/manual_ins-fm17,19_d150eng.pdf
25. Datasheet NT-10K-B-NTC [Електроний ресурс]. – Режим доступу: https://novatek-electro.com/docs/ru/doc_NT-10k-B-NTC.pdf
26. LCD 1602 [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduinoakit.com.ua/ua/p1433688907-displej-lcd-1602.html>.

27. Тактова кнопка TACT 6x6-8.5 2-pin [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://m-teh.com.ua/knopka-taktova-tact-6x6-8.5-2-pin>.

28. DIP світлодіоди ArduinoKit червоного та синього кольору [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://rozetka.com.ua/ua/249475446/p249475446>.

29. Імпульсний блок живлення 5В 2А PROLUM Series "P" 10Вт [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://bigl.ua/p1604105869-impulsnyj-blok-pitaniya>.

30. JSON: The Fat-Free Alternative to XML [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.json.org/fatfree.html>.