

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи
магістра

на тему: **Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система для
визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва**

Виконав: студент 2 курсу, групи МТ-1м
Спеціальності: 152 «Метрологія та
інформаційно-вимірювальна техніка»
Бородавко Владислав Віталійович

Керівник: д.т.н., професор
Пількевич Ігор Анатолійович

Рецензент: к.т.н., доцент
Шавурський Юрій Олександрович

Житомир – 2023

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

Спеціальність 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри метрології та
інформаційно-вимірювальної техніки
д.т.н., професор Подчашинський Ю.О.

« 19 » листопада 2023 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу магістра

Студент Бородавко Владислав Віталійович

1. Тема роботи: Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система для визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва

Керівник роботи: д.т.н., професор Пількевич Ігор

затверджена наказом по університету від « 9 » листопада 2023 р. № 648/с

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедру « 19 » грудня 2023р.

3. Вихідні дані до роботи визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва, вмикання/вимикання системи, вивід вимірюваних значень рівня рідини на дисплей; передача вимірюваних даних по блютуз модулю на відстань; розрахунок метрологічних характеристик та їх оцінка, галузь застосування інформаційно-вимірювальної системи

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці) огляд та аналіз існуючих способів вимірювання визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва, розробка структурної схеми системи, вибір складових елементів вимірювальної системи, розробка алгоритму та програми вимірювальної системи, оцінка вимірюваних значень рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва та розрахунок метрологічних характеристик вимірювальної системи

5. Перелік графічного матеріалу

структурна схема вимірювань, принципова схема, блок-схема алгоритму

6. Консультанти кваліфікаційної роботи магістра із зазначенням розділів

роботи, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-2	Лугових О.О.		
3-4	Пількевич І.А.		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд та аналіз існуючих систем визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва	02.10.23 – 04.10.23	Виконано
2	Формулювання завдань магістерської роботи	05.10.23 – 012.10.23	Виконано
3	Опис способів вимірювання рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва	13.10.23 – 28.10.23	Виконано
4	Розробка структурної схеми	04.10.23 – 15.10.23	Виконано
5	Вибір складових елементів вимірювальної системи	16.10.23 – 28.10.22	Виконано
6	Розробка блок-схеми алгоритму та програми роботи	05.11.23 – 21.11.23	Виконано
7	Розробка програми оцінки метрологічних характеристик	22.11.23 – 05.12.23	Виконано
8.	Розрахунок та оцінка метрологічних характеристик	05.12.23 – 11.12.23	Виконано
9	Оформлення пояснювальної записки та презентації	13.12.23 – 19.12.23	Виконано

Студент

Бородавко В.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Пількевич І.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

В даній кваліфікаційній роботі розроблено комп'ютеризовану систему інформаційно-вимірювальних систем для визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва.

В першому розділі роботи були розглянуті існуючі системи для визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва.

В другому розділі було проведено обґрунтування складових елементів та побудована структурна схема.

В третьому розділі були обрані складові для визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва та побудована принципова схема.

В четвертому розділі був розроблений алгоритм для роботи програми для визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва. Також була здійснена оцінка метрологічних характеристик на базі розробленої програми.

Ключові слова: рівень рідини, датчик рівня рідини, мікроконтролер, модуль bluetooth, метрологічні характеристики.

ABSTRACT

In this qualification work, a computerized system of information and measurement systems for determining the liquid level in chemical production tanks has been developed.

In the first part of the work, existing systems for determining the liquid level in chemical production tanks were considered.

In the second section, the justification of the constituent elements was carried out and a structural scheme was built.

In the third section, the components for determining the liquid level in chemical production tanks were selected and a schematic diagram was built.

In the fourth chapter, an algorithm was developed for the operation of the program for determining the liquid level in chemical production tanks. Evaluation

of metrological characteristics was also carried out on the basis of the developed program.

Keywords: liquid level, liquid level sensor, microcontroller, bluetooth module, metrological characteristics.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	8
ВСТУП.....	9
1.ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ РІДИНИ.....	11
1.1 Типи існуючих рівнемірів.....	11
1.2.Огляд існуючих рішень визначення рівня рідини.....	20
Висновки до 1 розділу.....	25
2. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ.....	27
2.1 Обґрунтування вибору мікроконтролера.....	27
2.2. Обґрунтування вибору датчика рівня рідини.....	30
2.3. Порівняльна характеристика методів вимірювання рівня рідини.....	31
2.4. Обґрунтування вибору дисплея.....	32
2.5 Обґрунтування вибору елемента комутації.....	35
2.6.Обґрунтування вибору світлових індикаторів.....	36
2.7. Обґрунтування живлення системи.....	37
2.8.Обґрунтування блютуз модуля.....	38
2.9. Розробка структурної схеми.....	39
Висновки до 2 розділу.....	40
3. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....	41
3.1 Вибір мікроконтролеру.....	41
3.2. Вибір датчика рівня рідини.....	42
3.3. Вибір дисплею.....	43
3.4 Вибір елемента комутації.....	45
3.5 Вибір світлових індикаторів.....	46
3.6 Вибір блока живлення.....	47
3.7. Вибір блютуз модуля.....	48
3.8. Принципова електрична схема.....	50
Висновок до 3 розділу.....	51

4.РОЗРОБКА	ПРОГРАМНО-АЛГОРИТМІЧНОГО	ТА
МЕТРОЛОГІЧНОГО	ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ
СИСТЕМИ.....		52
4.1.Розробка алгоритму.....		52
4.2.Розробка програми.....		53
4.3. Методи програмно-алгоритмічної вимірювальної інформації.....		54
Висновок до 4 розділу.....		61
ВИСНОВКИ.....		62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....		63
ДОДАТКИ.....		66

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АЦП – аналогово-цифровий перетворювач

БМ – блютуз модуль

KIBC – комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система

МК – мікроконтролер

СКВ – середнє квадратичне відхилення

СН – стабілізатор напруги

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасні системи автоматизації виробництва вимагають статистичних та інформаційних даних, що дозволяють оцінити витрати, запобігти збиткам, оптимізувати управління виробничим процесом, підвищити ефективність використання сировини.

Рівнемір – це прилад, який визначає (безперервно чи точково) рівень рідини, що зберігається у спеціальних резервуарах

В свою чергу, рівнеміри поділяють за принципом дії: ультразвукові, поплавкові, гідростатичні, радарні, рефлексно радарні, буйкові. Для кожного конкретного вимірювання рівня рідини застосовується свій тип рівнеміра.

На сьогодні на ринку техніки існує багато різних систем вимірювання рівня рідини, вони мають ряд таких переваг: надійність, точність, різноманітність. До недоліків можна віднести високу ціну та відсутність передачі вимірюваних даних на відстань.

Отже, актуальність розробка комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальних систем для визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва полягає в вимірюванні рівня рідини та на передавання вимірюваних даних на відстань.

Метою даної роботи є розробка сучасної комп'ютеризованої системи визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва.

Для досягнення даної мети необхідно вирішити наступні задачі:

- дослідження схем визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва;
- вибір параметрів визначення та розробка на їх основі структури комп'ютеризованої системи вимірювання та контролю електричних параметрів акумуляторів електромобіля;
- розробка структурної та принципової схеми комп'ютеризованої системи визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва;
- розробка алгоритму та програми забезпечення комп'ютеризованої системи визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва;

– розробка метрологічного забезпечення комп'ютеризованої визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва шляхом експериментального підтвердження метрологічних похибок вимірюваних даних.

Об'єкт дослідження – процеси визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва

Предмет дослідження – комп'ютеризована вимірювальна система визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва.

Методи дослідження базуються на використанні методів визначення визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва, застосуванні методів обробки метрологічних характеристик за критеріями Ірвіна, Романоського та Діксона.

Наукова новизна даної роботи полягає в:

1) Удосконалено програмно-алгоритмічний метод визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва на основі чисельного обрахунку з подальшою програмною реалізацією;

2) Удосконалено структурну схему КІВС визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва.

Практична цінність даної роботи полягає в:

1) вибрано сучасну елементну базу системи визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва;

2) розраховано метрологічні характеристики комп'ютеризованої системи визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва;

3) пропонується впровадити блютуз модуль, що дозволить передати вимірювані дані на відстань.

Структура та обсяг роботи. Дана робота складається з анотації, вступу, 3 основних розділів, висновків, переліку використаних літературних джерел та додатку. Робота викладена на 65 сторінках основного тексту і містить 17 рисунків, 5 таблиць та 26 джерел.

1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ РІДИНИ

1.1. Типи існуючих рівнемірів

Існують такі типи рівнемірів:

- Поплавкові рівнеміри;
- Буйкові рівнеміри ;
- Гідростатичні рівнеміри;
- Акустичні рівнеміри;
- Візуальні рівнеміри;
- Електричні рівнеміри;
- Ємнісні рівнеміри;
- Кондуктометричні рівнеміри;
- Радарні рівнеміри.

Поплавкові рівнеміри - Основний принцип використання поплавків постійного заглиблення полягає у виборі способу визначення просторового положення поплавка і пов'язаного з ним рівня контрольованої рідкого середовища. Поплавки є невід'ємною частиною датчиків положення рівня, датчиків рівня і рівня розділу середовищ. На тіло, занурене в рідину, в відповідність до закону Архімеда, діє виштовхуюча сила, рівна силі тяжіння витісненої тілом рідини.

Конструктивно поплавки постійного заглиблення виконуються переважно у вигляді кулястих, циліндричних або комбінованих тіл як на рисунку 1.1 Виготовляються з металу або пластичних матеріалів, суцільні або пустотілі, з широким діапазоном діаметрів - від 60 до 400 мм і наведеної щільністю від 380 до 640 кг / м³ , що забезпечує їм позитивну плавучість. Здебільшого поплавки забезпечені осьовими порожнистими втулками, що дозволяють поплавкам вільно переміщатися вертикально при зміні рівня 9 по направляючій трубці або стрижні.



Рис.1.1. Приклади конструкцій поплавків для рівнемірів рідких середовищ

Зміна умов тертя в механічній системі передачі показань або щільності рідини з різних причин призводить до спотворення результату вимірювання. Це пов'язано зі зміною встановленого заглиблення поплавка. Причому, ці зміни тим менше, ніж більш плоскою формою володіє поплавок

Переваги використання поплавцевих рівнемірів:

- a) Простота;
- b) Міцність;
- c) Невисока вартість;
- d) Якщо відображення майже не залежать від змін щільності рідини;
- e) Висока точність 0,01% і повторюваність 0,005%;
- f) Не потрібно періодична калібрування;
- g) Тільки один рухливий елемент - поплавок;
- h) Відсутня дрейф нуля і діапазону.

Недоліки:

- a) Немає можливості використовувати для клейких рідин;
- b) Розміри поплавка впливають на плавучість;

Буйкові рівнеміри - Призначені буйкові рівнеміри для корегування параметрів виробничих процесів і управління для того, щоб видати інформацію у вигляді стандартного пневматичного сигналу, що до границі розділу двох середовищ, що змішуються, які знаходяться під надлишковим,

вакууметричним і атмосферним тиском. У буйкових рівнемірах застосовується нерухомий занурений в рідину буйок. Маса буйка вибирається так, щоб буйок не спливав при повному його зануренні в рідину. Дані рівнеміри застосовуються для вимірювання рівня розділу фаз двох рідин, незамінні при роботі з високими тисками і температурами продукту, так само можна використовувати для визначення щільності середовища.

Гідростатичні рівнеміри - принцип дії даних рівнемірів заснований на вимірюванні гідростатичного тиску. На тіло, занурене в газ або рідину, діють сили, розподілені по поверхні тіла. Для опису дії таких розподілених сил вводиться фізична величина - тиск. Сила тиску на дно циліндричної посудини висотою h , можна визначити за формулою:

$$P = \frac{h\rho Sg}{S}, \quad (1.1)$$

де P - тиск рідини на дно або бічні стінки судини, Па;

S - площа підстави судини, m^2 ;

g - прискорення вільного падіння, m / s^2 ;

h - висота посудини, м;

ρ - щільність рідини, kg / m^3 .

Даний тиск P на глибині h відповідно до закону Паскаля рідина створює і на бічні стінки судини. Таким чином, тиск стовпа рідини визначається тільки значеннями рівня рідини і її щільності і не залежить ні від форми, ні від загального обсягу резервуара. Це основоположні твердження для використання гідростатичного тиску в якості інформативного параметра для цілей рівнеміра. В якості засобів вимірювання гідростатичного тиску в гідростатичній рівнеметрії використовуються перетворювачі і датчики абсолютного і надлишкового тисків (датчики абсолютного тиску і диференціальні датчики). Як правило, датчики гідростатичного тиску встановлюють стаціонарно на бічній поверхні резервуара близько дна на рівні «нульовій» позначки відліку і рідше в дно, коли це можливо технічно. У ряді

випадків датчик тиску розміщується безпосередньо в контрольованій рідині на заданій глибині за допомогою підвісу у вигляді гнучкого троса або штанги. Це свій клас приладів - заглибні гідростатичні рівнеміри. Відповідно до цього, виділяють наступні типи гідростатичних рівнемірів - врізні, фланцеві і заглибні, мають загальний принцип їх вимірювання, але відрізняються за типом приєднання до процесу, так як цей чинник обумовлюється спеціальними вимогами до матеріалів, з яких виготовлений прилад. Перевага гідростатичного рівнеміра в тому, що вони прості за конструкцією і коштують досить недорого. Недоліки гідростатичного рівнеміра: а) складність при застосуванні (необхідна постійна щільність і нерухомість середовища); б) низька точність вимірювання; с) при підвищенні температури вимірюваної рідини, збільшується її рівень, але тиск залишається незмінним. Хоча, цей недолік обертається великим плюсом для деяких інших вимірів [1].

Принцип дії рівнемірів цього типу базується на вимірі часу проходження імпульсу ультразвука від випромінювача до поверхні рідини та назад. При прийомі відбитого імпульсу випромінювач стає датчиком. Якщо випромінювач 1 (рис. 1.2) розташований над рідиною, рівнемір називається акустичним; якщо усередині рідини – ультразвуковим. У першому випадку час, який вимірюється, буде тим більше, чим нижче рівень рідини H , у другому – навпаки. Електронний блок 2 призначений для формування ультразвукових імпульсів, посилення відбитих імпульсів, виміру часу проходження імпульсом подвійного шляху (у повітрі або рідині) і перетворення цього часу в уніфікований електричний сигнал. Наприклад, акустичний рівнемір ЭХО-1 використовується для виміру рівня неоднорідних рідин (із перемінною за висотою щільністю), які кристалізуються і випадають в осад, у баках висотою до 3 м і має вихідний сигнал у виді постійного струму.

За принципом дії акустичні рівнеміри можна поділити на локаційні, поглинання і резонансні.

у.

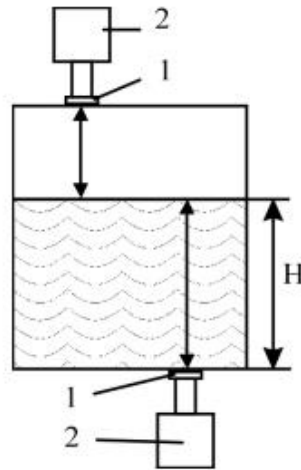


Рис.1.2.Ультразвуковий і акустичний рівнеміри: 1 – випромінювач; 2 – електронний блок

У локаційних рівнемірах використовується ефект відбивання ультразвукових коливань від межі розподілу рідина – газ. Положення рівня визначається за часом проходження ультразвукових коливань від джерела до приймача після відбиття їх від поверхні розподілу. У рівнемірах поглинання положення рівня визначається за ослабленням інтенсивності ультразвуку при проходженні через прошарки рідини і газу. У резонансних рівнемірах вимір рівня виконується за допомогою виміру частоти власних коливань стовпа газу над рівнем рідини, яка залежить від рівня рідини.

Найбільшого поширення одержали локаційні рівнеміри. Локація рівня може виконуватися або через газове середовище над рідиною (такі рівнеміри іноді називають акустичними), або знизу через прошарок рідини (такі рівнеміри іноді називають ультразвуковими). Хибою першого типу рівнемірів є похибка від залежності швидкості ультразвуку від тиску і температури газу і сильне поглинання ультразвуку газом, що потребує більшої потужності джерела, ніж при локації через рідину.

Проте на показання таких рівнемірів не впливає зміна характеристик рідини, тому такі рівнеміри можуть бути використані для виміру рівня неоднорідних рідин, які містять бульки 179 газу або кристалізуються. Такі

рівнеміри використовуються для рідин, які мають температуру не вище 80 °С і тиск не більше 4 МПа.

Рівнеміри з локацією через рідину можуть бути використані для середовищ під високим тиском, для них потрібна невеличка потужність джерела, проте вони чутливі до “домішок” у рідину, наприклад до бульбашок газу при вскипанні. Тому такі рівнеміри застосовуються для однорідних рідин. Крім того, вони також чутливі до зміни температури і тиску середовища через залежність від них швидкості поширення ультразвуку в рідині.

Основна похибка рівнемірів із локацією через рідину не перевищує 2,5% діапазону виміру рівня. Прилади даної групи застосовуються за особливо важких умов, наприклад: токсичні або агресивні середовища, високий тиск, висока температура.[2]

До візуальних засобів вимірювання рівня (рис.1.3) відносять мірні лінійки, рейки, рулетки з лотами (циліндричними стрижнями) і скляні рівнеміри.

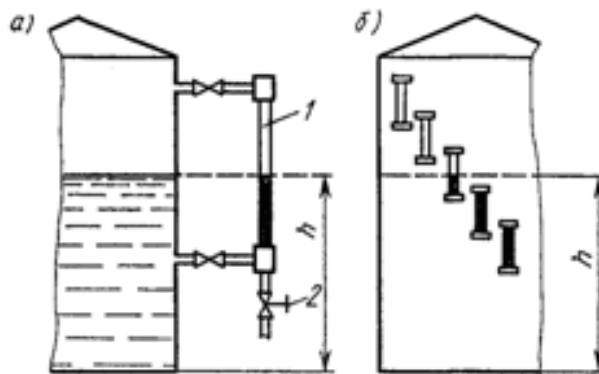


Рис.1.3.Схеми візуальних рівнемірів

У виробничій практиці широкого застосування набули скляні рівнеміри. Вимірювання рівня за допомогою скляних рівнемірів ґрунтується на законі сполучених посудин. Вказівне скло 1 за допомогою арматур з'єднують із нижньою і верхньою частинами ємності. Спостерігаючи за положенням меніска рідини в трубі 1, роблять висновок про положення рівня рідини в ємності. Для виключення додаткової похибки, обумовленої

розходженням температури рідини в резервуарі і у скляній трубці, перед вимірюванням здійснюють промивання скляних рівнемірів. Для цього передбачений вентиль 2. Арматура скляних рівнемірів оснащується запобіжними клапанами, що забезпечує автоматичне перекривання каналів, які зв'язують вказівне скло з технологічним апаратом при випадковій поломці скла. Через низьку механічну міцність скляні рівнеміри звичайно виконують довжиною не більше 0,5 м. Тому для вимірювання рівня в резервуарах встановлюється декілька скляних рівнемірів з тим розрахунком, щоб вони перекривали один одного. Абсолютна похибка вимірювання рівня скляними рівнемірами $\pm(1-2)$ мм. При вимірюванні можливі додаткові похибки, пов'язані із впливом температури навколишнього середовища. Скляні рівнеміри застосовуються до тисків 2,94 МПа і до температури 300°.

Серед існуючих різновидів рівнемірів поплавкові є найбільш простими. Дістали поширення поплавкові рівнеміри вузького і широкого діапазонів. Поплавкові рівнеміри вузького діапазону звичайно являють собою пристрій, який містить кульковий поплавок діаметром 80-200 мм, виконаний з нержавіючої сталі.

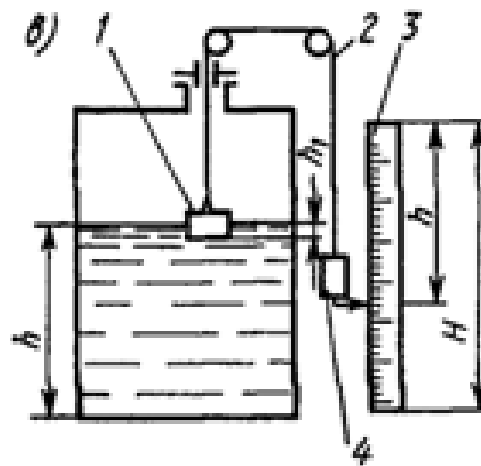


Рис.1.4.Схема поплавкових рівнемірів 1

Поплавок плаває на поверхні рідини і через штангу і спеціальне ущільнення з'єднується або зі стрілкою вимірювального приладу, або з перетворювачем 1 кутових переміщень в уніфікований електричний або пневматичний сигнал. Рівнеміри вузького діапазону випускаються двох типів:

фланцеві і камерні, що відрізняються способом їх установа на технологічних апаратах. Мінімальний діапазон вимірювання цих рівнемірів 0-10 мм, максимальний — 0-200 мм. Клас точності 1,5. Поплавкові рівнеміри широкого діапазону яляють собою поплавок 1, пов'язаний із противагою 4 гнучким тросом 2. У нижній частині противаги закріплена стрілка, що показує за шкалою 3 значення рівня рідини в ємності.

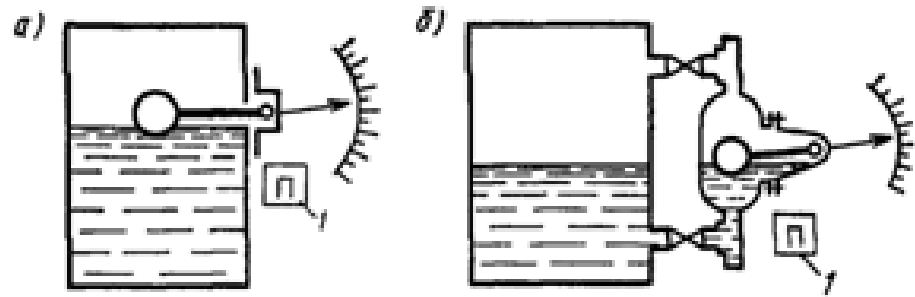


Рис.1.5.Схема поплашкових рівнемірів 1

При розрахунках поплашкових рівнемірів підбирають такі конструктивні параметри поплавка, які забезпечують стан рівноваги системи «поплавок-противага» тільки за певної глибини занурення поплавка. Якщо знехтувати силою ваги троса і тертям у роликах, стан рівноваги системи «поплавок-противага» описується рівнянням:

$$G_B = G_{II} - S \cdot h_1 \cdot \rho_{ж} \cdot g \quad (1.2)$$

де G_B , G_{II} — сили ваги противаги і поплавка, Н;

S — площа поплавка, м²;

h_1 — глибина занурення поплавка, м;

$\rho_{ж}$ — густина рідини, кг/м³.

Підвищення рівня рідини змінює глибину занурення поплавка і на нього діє додаткова сила виштовхування. У результаті рівняння порушується, і противага опускається вниз до того часу, доти глибина занурення поплавка не стане дорівнювати h_1 . При зниженні рівня діюча на поплавок сила виштовхування зменшується, і поплавок починає опускатися вниз до того часу, доти глибина занурення поплавка не стане дорівнювати h_1 . Для передачі

інформації про значення рівня рідини в резервуарі застосовують сельсинні системи передачі.

За видом чутливого елемента електричні засоби вимірювання рівня поділяють на ємнісні і кондуктометричні. Ємнісні рівнеміри.

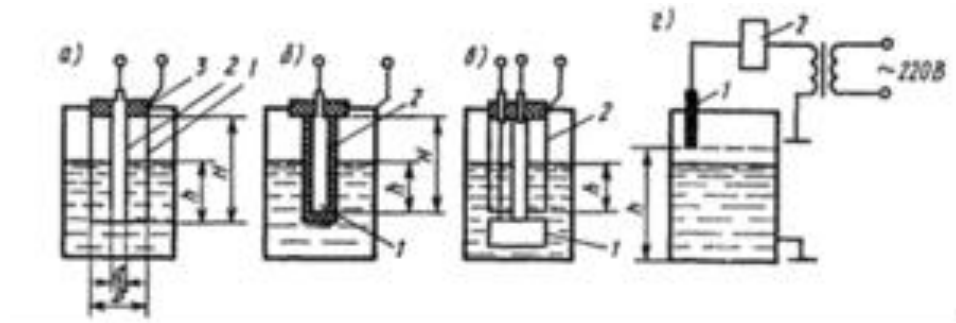


Рис.1.6.Схема ємнісного рівнеміра

У рівнемірах цього типу використовується залежність електричної ємності чутливого елемента первинного вимірювального перетворювача від рівня рідини. Конструктивно ємнісні чутливі елементи виконують у вигляді коаксіально розміщених циліндричних електродів або паралельно розміщених плоских електродів. Конструкція ємнісного чутливого елемента з коаксіально розміщеними електродами визначається фізико-хімічними властивостями рідини. Для неелектропровідних (діелектричних) рідин — рідин, що мають питому електропровідність менше 10^{-6} См/м, застосовують рівнеміри, оснащені чутливим елементом, схеми якого наведені на Одиницею електропровідності в SI служить сименс (См) — величина, обернена ому (Ом). Чутливий елемент складається із двох коаксіально розміщених електродів 1 і 2, частково занурених у рідину. Електроди утворюють циліндричний конденсатор, міжелектродний простір якого до висоти h заповнено рідиною, а простір $H-h$ — парогазовою сумішшю. Для фіксування взаємного розміщення електродів передбачений ізолятор 3. У загальному вигляді електрична ємність, Φ , циліндричного конденсатора визначається рівнянням:

$$C_H = C_0 + \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot H}{\ln\left(\frac{D}{d}\right)} \cdot \left[1 + (\epsilon_r - 1) \cdot \frac{h}{H} \right] \quad (1.3)$$

де ε - відносна діелектрична проникність міжелектродної речовини; ε_0 — діелектрична проникність вакууму; $\varepsilon_{ж}$ — діелектрична проникність рідини; C_0 — ємність прохідного ізолятора (величина постійна); H — висота електродів; D, d - діаметри відповідно зовнішнього і внутрішнього електродів.

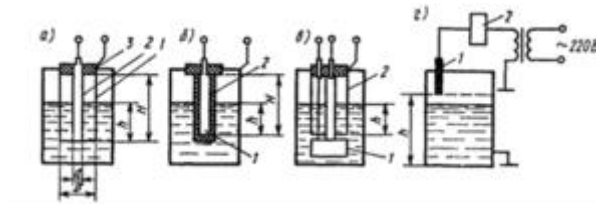


Рис.1.7.Схеми електричних рівнемірів

Компенсаційний конденсатор 1 розміщується нижче ємнісного чутливого елемента 2 і повністю занурений у рідину. У певних випадках при сталості складу рідини його замінюють конденсатором постійної ємності.

Для вимірювання рівня електропровідних рідин — рідин з питомою провідністю більше 10^{-4} См/м - застосовують рівнеміри, оснащені ємнісним чутливим елементом, зображеним на рис. Чутливий елемент являє собою металевий електрод 1, покритий фторопластовою ізоляцією 2. Електрод частково занурений у рідину. Як другий електрод використовується або стінка резервуара, якщо вона металева, або спеціальний металевий електрод, якщо стінка резервуара виконана з діелектрика.[3]

1.2.Огляд існуючих рішень визначення рівня рідини

Контроль рівня води Lovato LVM20 на 3 датчика рис.1.8.

Електронний автоматичний регулятор рівня струмопровідної рідини Lovato LVM20, призначений за контролем рівня рідини в резервуарі за допомогою спеціальних електродів (зондів). Пристрій управляє доливом води, контролює мінімальний і максимальний рівень допомогою включення і вимикання електромагнітного клапана.

Прилад використовуються з 3 вимірювальними зондами (MIN, MAX і COM), передбачено регулювання чутливості електродів в діапазоні від 2,5 до

50 кОм під питомий опір різних рідин. На панелі управління є світлові індикатори зеленого і червоного кольору сигналізують подачу живлення та стан релейного виходу.



Рис.1.8. Контроль рівня води Lovato LVM20 на 3 датчика

Дана модель регулятора рівня рідини працює від напруги 220В / 50Гц, максимальна споживана потужність не більше 3,5 Вт. Звертаємо

Характеристики:

- Напруга живлення: 220В / 50Гц;
- Споживана потужність: 3,5 Вт;
- Регульований діапазон чутливості: 2,5...50 кОм;
- Постійна затримка сигналу зонда: < 1с;
- Ступінь захисту: IP40;
- Отримані сертифікати: cULus, EAC;
- Виробник: Lovato Electric;
- Країна виробник: Італія;
- Гарантія: 12 місяців.

Особливості:

- Може використовуватися з будь-яким типом басейну;
- Працює з 3 вимірювальними зондами (MIN, MAX і COM);

- Подвійна ізоляція між подачею живлення, зондами і релейними виходами;
 - Зелений світлодіодний індикатор подачі живлення Lovato Electric Італія;
 - Червоний світлодіодний індикатор стану релейного виходу.[4]
- Контролер рівня води Vagner Pool HS 3.02 на 7 датчиків рис.1.9.



Рис.1.9. Контролер рівня води Vagner Pool HS 3.02 на 7 датчиків

Електронний контролер рівня води в резервуарі Vagner Pool HS 3.02 в автоматичному режимі підтримує заданий рівень за допомогою спеціальних чутливих електродів (зондів). Пристрій управляє системою доліва, контролює мінімальну і максимальну встановлену висоту за допомогою включення і вимикання електромагнітного клапана.

Прибор используются с измерительными зондами количеством 7 шт, предусмотрены световые индикаторы зелёного и красного цвета сигнализирующие подачу питания, состояние релейного выхода и различные режимы работы. Данная модель регулятора уровня жидкости работает от напряжения 220В / 50Гц.

Сам контроллер помещён в пластиковую коробку которая обеспечивает необходимый уровень пыли и влагозащиты. Обращаем Ваше внимание,

изделие должно подключаться согласно приведённой схеме (в меню спецификации) с обязательным использованием устройства защитного отключения.

Характеристики:

- Артикул товара: 201524022;
- Напруга живлення: 220В / 50Гц;
- Виробник: Vagner Pool;
- Країна виробник: Чехія;
- Гарантія: 12 місяців.

Особливості:

- Може використовуватися з будь-яким типом басейну;
- Працює з 7-ми вимірювальними зондами;
- Світлові індикатори відображають різні режими роботи.[5]

Датчик рівня води (рідини) ультразвуковий бездротовий на 100 метрів Kronos UZI-TS, 0-15 м, 433 МГц, LCD рис.1.10.



Рис.1.10. Датчик рівня води (рідини) ультразвуковий бездротовий на 100 метрів Kronos UZI-TS

Датчик рівня води (рідини) ультразвуковий бездротовий на 100 метрів Kronos UZI-TS- дозволяє відстежувати рівень води в баку, бочці, закритому резервуарі і т.д. Завдяки даному приладу Вам більше не потрібно особисто

дивитися в резервуар з водою для контролю його наповненості. Використовуючи даний датчик рідини, Ви зможете дистанційно контролювати такі параметри як наповненість, поточну, а також максимальну і мінімальну температуру води в резервуарі.

Бездротовий датчик рівня рідини буде максимально корисний як в побутових, так і в виробничих потребах. У побуті з його допомогою можна контролювати наповненість бака для літнього душа або бака для поливу саду (городу). На виробництві за допомогою даного датчика можна контролювати наповненість величезних резервуарів з водою, соняшниковою олією і іншими рідинами. Найголовніша перевага ультразвукових рівнемірів - це безконтактне вимірювання. Таким чином можна вимірювати будь-яку рідину без шкоди самому вимірювача. Тобто даний тип приладу в основному використовують для вимірювання умовно чистих або агресивних рідин (хлорована вода).

Даний ультразвуковий датчик рівня рідини складається з двох основних частин (приладів) - ультразвуковий радіо датчик і монітор-приймач. Обидві частини комплекту отримують живлення від 1,5 В батарейок типу АА (пальчикові). Для живлення датчика необхідно 6 батарейок типу АА, а для живлення монітора-приймача потрібно всього 2 пальчикові батарейки. Передача даних між пристроями відбувається за допомогою радіосигналу, а максимально відстань не більше 100 м.

Використовуючи бездротовий датчик рівня рідини не варто забувати про те, що 100 метрів це без урахування перешкод на шляху сигналу. Кожна стіна на шляху сигналу знижує дальність передачі сигналу в залежності від товщини і матеріалу стіни. Датчик проводить вимірювання за допомогою «ультразвукових вимірів» і передає дані на монітор-приймач, який проводить розрахунки і видає дані про рівень наповненості на екран, у вигляді зрозумілого малюнка.

Крім вимірювання наповненості датчик рівня рідини може вимірювати і відображати зразкову температуру рідини, показувати максимальну і мінімальну температуру, відображати час в форматі 12 або 24 години.

Температура в даному типі приладів дуже важлива, так як з допомогою її рахується швидкість звуку в конкретному середовищі поширення звукових хвиль. Тобто рівень визначається з двох складових: ультразвук і температура. Крім цього, датчик може включати «тривогу» при вкрай високому або низькому рівні рідини в резервуарі, а також сповіщати про порожній бак. Датчик вміє сповіщати про необхідність зміни елементів живлення при їх низькому заряді.

Характеристики:

- Відстань передачі: макс. 100 метрів (у відкритому просторі).
- Частота передавача: 433 МГц.
- Внутрішній датчик температури всередині приймача: $0 \sim +50\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Дозвіл: $1\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Точність: $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Діапазон вимірювання температури бака: $-40 \sim +60\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Дозвіл: $1\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Точність: $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Вимірюється рівень рідини: 0-15м.
- Дозвіл: 0,01 м.
- Точність: $\pm 0,03\text{ м}$.
- Тривалість тривоги: 120 сек.
- Живлення приймача: 2 батареї х АА 1,5 В.
- Живлення передавача: 6 батарейок х ААА 1,5 В.
- Розмір (приймач монітор): 10 х 9 х 3,5 см.
- Розмір (передавач): 15 х 10 см.
- Вага: 220 грам.[6]

Висновки до 1 розділу

У першому розділі проведено опис методів вимірювання рівня рідини. Існують такі методи вимірювання рідини: ультразвукові, поплавкові, гідростатичні, радарні, рефлексно радарні, буйкові.

Зроблено аналіз існуючих систем для вимірювання рівня рідини.

Вони мають перевагі такі, як надійність, доступність, точність. Але також мають ряд і недолівків такі, як висока ціна та не можливість передавати дані на відстань.

2. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

2.1 Обґрунтування вибору мікроконтролера

Arduino - це інструмент для проектування електронних пристроїв (електронний конструктор) більше взаємодіючих з навколишнім фізичним середовищем, ніж стандартні персональні компютери, які фактично не виходять за рамки віртуальності. Ця платформа призначена для побудови фізичних систем шляхом використання програмних та апаратних засобів, які можуть сприймати та реагувати на зміни в навколишньому середовищі.

Arduino застосовується для створення електронних пристроїв з можливістю прийому сигналів від різних цифрових і аналогових датчиків, які можуть бути підключені до неї, і управління різними виконавчими пристроями. Проекти пристроїв, засновані на Arduino, можуть працювати самостійно або взаємодіяти з програмним забезпеченням на компютері.

Arduino — торгова марка апаратно-програмних засобів для побудови та прототипування простих систем, моделей та експериментів у галузі електроніки, автоматизації процесів та робототехніки.

Програмна частина складається з безкоштовної програмної оболонки (IDE) для написання програм, їх компіляції та програмування апаратури. Апаратна частина є набором змонтованих друкованих плат, що продаються як офіційним виробником, так і сторонніми виробниками. Цілком відкрита архітектура системи дозволяє вільно копіювати або доповнювати лінійку продукції Arduino.

Використовується як для створення автономних об'єктів, так і підключення до програмного забезпечення через дротові та бездротові інтерфейси.

Програмування ведеться повністю через власну безкоштовну програмну оболонку Arduino IDE (розповсюджується за умовами GPLv2). У цій оболонці є текстовий редактор, менеджер проектів, препроцесор, компілятор та інструменти для завантаження програми у мікроконтролер. Оболонка

написана Java на основі проекту Processing, працює під Windows, Mac OS X і Linux. Використовується комплект бібліотек Arduino (за ліцензією LGPL)

Мова програмування Arduino називається Arduino C і є мовою C++ з фреймворком Wiring, вона має деякі відмінності в частині написання коду, який компілюється і збирається за допомогою `avr-gcc`, з особливостями, що полегшують написання працюючої програми — є набір бібліотек, що включає функції та об'єкти. При компіляції програми IDE створює тимчасовий файл із розширенням «*.cpp».

Програми, написані програмістом Arduino, називаються начерки або 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++.

Програміст повинен написати дві обов'язкові для Arduino функції `setup()` та `loop()`. Перша викликається одноразово при старті, друга виконується у нескінченному циклі.

У текст своєї програми (скетчу) програміст ні вставляти заголовні файли використовуваних стандартних бібліотек. Ці заголовні файли додасть препроцесор Arduino відповідно до конфігурації проекту. Однак користувацькі бібліотеки потрібно вказувати.

Менеджер проекту Arduino IDE має нестандартний механізм додавання бібліотек. Бібліотеки у вигляді вихідних текстів на стандартному C++ додаються до спеціальної папки в робочому каталозі IDE. Назва бібліотеки додається до списку бібліотек у меню IDE. Програміст відзначає необхідні бібліотеки, і вони вносяться до списку компіляції.

Arduino IDE не пропонує жодних налаштувань компілятора та мінімізує інші налаштування, що спрощує початок роботи для новачків та зменшує ризик виникнення проблем; але є директиви препроцесора, такі як `#define`, `#include` та багато інших.

Випускаються окремі плати зменшених габаритів – Nano, Nano Every та Micro – у габариті DIP-корпусів мікросхем. Вони призначені для встановлення в макетні плати. Плат розширення їм немає.

Пізніше випущена лінійка Arduino MKR у схожому конструктиві. До них є невеликий набір плат розширення периферії.

У класичній лінійці пристроїв Arduino в основному використовуються мікроконтролери Atmel AVR. Наступні МК можна зустріти на вказаних розповсюджених платах:

ATmega2560 (16 МГц, 256 Kb Flash, 8 Kb RAM, 54 порти, з них до 15 з ШІМ та 16 АЦП) - плати Mega.

ATmega32U4 (16 МГц, 32 Kb Flash, 2,5 Kb RAM, 20 портів, з них до 7 з ШІМ та 12 АЦП). Плати Leonardo, Micro, Yun.

ATmega328 (16 МГц, 32 Kb Flash, 2 Kb RAM, 14 портів, з них до 6 з ШІМ та 8 АЦП). Плати UnoR3, Mini, NanoR2, Pro, Pro mini, різні варіанти плат uno та nano, такі як Wifi Uno та nano + nrf42l01.

ATtiny85 (20 МГц, 8 Kb Flash, 512 b RAM, 6 портів, з них 4 ШІМ та 4 аналогових). Плати Digispark також часто застосовуються поза платами.

ATmega168 (16 МГц, 16 Kb Flash, 1 Kb RAM, порти та розпинування аналогічно ATmega328) Плати Uno R1, Uno R2, Pro mini, NanoR1.

У деяких платах склад доступних портів та частота тактування можуть відрізнятися.

Поступово у лінійці плат почали з'являтися процесори ARM. Спочатку це був AT91SAM3X8E на платі класичного конструктиву (Due). Пізніше з'явилася лінійка плат Arduino MKR у конструктиві DIP, оснащена контролером SAMD21 (Cortex-M0, 48 MHz, 256 Kb Flash, 32 Kb RAM).

З 2020 року у такому ж конструктиві MKR з'явилися модулі Portenta з ARM Cortex-M7 (STM32H747 @ 480 МГц).

Напруга живлення процесорів ARM на платах Arduino – 3,3 вольт. На таку ж напругу мають бути розраховані датчики цих плат.

Сторонні розробники портували Arduino підтримку популярного Wi-Fi мікроконтролера ESP8266 і його клону ESP12. Тепер компілювати та

завантажувати прошивку для ESP8266 зі своїми скетчами та підтримкою Wi-Fi можна прямо з Arduino IDE, отримуючи одноплатну схему з підтримкою мережі Wi-Fi.

Плати з обв'язаним ESP8266 продаються під маркою Wemos, мають 2 форм-фактори (один як у Uno, другий - зменшений свій) і два покоління у кожному форм-факторі (R1 та R2).

У рамках співпраці зі сторонніми виробниками в Arduino IDE було включено підтримку деяких апаратних засобів Intel x86. Intel Galileo (процесор Intel Quark X1000 400 МГц), Intel Edison та Arduino 101 - Arduino-сумісні плати на Intel x86 архітектурі. Плати механічно та електрично сумісні з периферійними платами Ардуїно. Плати функціонують під власною ОС Linux, поверх якої працює додаток, що дозволяє завантажувати та виконувати скетчі Arduino.

2.2. Обґрунтування вибору датчика рівня рідини

Розглянемо конструкції та принципи роботи найпоширеніших датчиків рівня рідини:

Хвилеводний радар (Guided wave radar - GWR) іноді також називають радаром з тимчасовим дозволом (TDR), мікроімпульсним радаром (MIR) або флекс (Flex) радаром.

При установці хвилеводний радар монтується на даху резервуара або в камері, при цьому зонд зазвичай занурюється на повну глибину ємкості.

Датчик вимірює тимчасову затримку між випромінюванням і прийомом випромінюваного і відбитого сигналів, після чого вбудований мікропроцесор розраховує відстань до поверхні вимірюваного середовища за формулою:

$$L = \frac{ct}{2}, \quad (2.1)$$

де c – швидкість світла, t – час затримки.

2.3. Порівняльна характеристика методів вимірювання рівня рідини

Нижче можна побачити придатність розглянутих датчиків до певних умов (табл.2. 1). Умови є ключовим етапом у виборі датчика.

Таблиця 2.1 – Порівняння і оцінка методів вимірювання рідини в залежності від факторів оточуючого середовища.

Умови вимірювання/ метод	Гідростатичний	Ємнісний	Ультразвук	Хвильовий радар	Безконтактний	Радіоізотопний	Буйковий	Магнітострічковий	Поплавковий	Вібраційний
Аерація	2	1	2	1	2	2	1	2	1	1
Перемішування	1	2	3	2	2	1	1	2	2	1
Зміна температури оточуючого середовища	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1
Корозія	2	1	1	2	1	1	2	2	2	2
Зміна густини	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1
Зміна діелектричної проникності середовища	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1
Пил	1	1	3	1	2	1	3	1	3	3
Піна	1	2	3	2	2	1	1	1	1	2
Висока температура	1	1	3	1	2	1	1	3	1	1
Високий тиск	1	1	3	1	2	1	1	3	1	1
Внутрішні конструкції в резервуарі	1	2	3	2	2	2	1	1	2	1
Низька температура	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1
Вакуумметричний тиск (розрідження)	2	1	3	1	1	1	1	1	1	1
Перешкоди (ЕМП, двигуни,	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1

компресори)										
Відкладення, налипання	3	3	2	2	1	2	3	3	2	2
Суспензії	2	1	1	2	1	1	3	2	2	2
Пари	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1
В'язкі, липкі середовища	2	2	1	2	1	1	3	3	2	2

Трактування таблиці:

1 = добре: дана умова слабо впливає або не впливає взагалі на ефективність вимірювання;

2 = задовільно: цей метод можна використовувати в даних умовах, але надійність вимірювань може бути знижена або знадобиться спеціальний монтаж;

3 = погано: метод не підходить для даних умов.

В роботі були розглянуті 10 основних методів вимірювання рівня рідин, кожен з яких має свої переваги та обмеження в силу факторів оточуючого середовища та властивостей самої рідини. На основі цього була розроблена порівняльна таблиця 2.1.

2.4. Обґрунтування вибору дисплея

Дисплеї можна розділити на:

1. Сегментні (такі, як на цифровому годиннику);
2. Алфавітно-цифрові;
3. Графічні.

Сегментні використовуються для індикації простих величин, наприклад: температура, час, кількість обертів. Такі використовуються в калькуляторах і на бюджетній побутовій техніці і досі. Інформація відображається шляхом засвічування певних символів.

Вони можуть бути як рідкокристалічними, так і світлодіодними. Алфавітно-цифрові дисплеї можна зустріти на старій побутовій техніці, іграшках, промисловій техніці та інше. Їх ще називають знаковисинтезуючими,

текстовими, символьними. Складаються із набору великих пікселів. Можуть бути виконані за LCD, TFT та OLED-технологією.

До графічних дисплеїв можна віднести навіть монітор чи екран смартфона, особливих пояснень я гадаю не потрібно. У статті йтиметься конкретно про спільну роботу знакосинтезуючих або символьних дисплеїв і Ардуїно.

Дисплеї цього виду можуть одночасно відображати певну кількість символів, обмежену геометричними розмірами. Маркуються вони за таким зразком:

- 1602 (рис. 3.11);
- 2002 (рис. 3.12).

Де перші дві цифри – кількість символів у рядку, а друга пара – кількість рядків. Таким чином, дисплей з назвою 1602 може відображати одночасно 2 рядки по 16 символів.

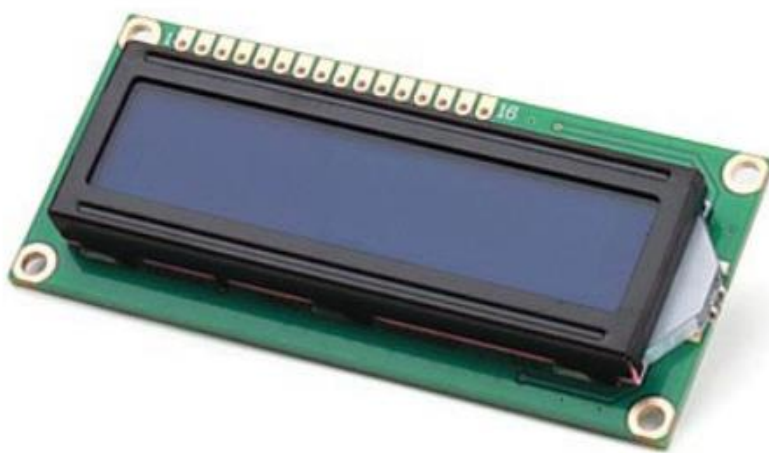


Рис. 2.1. Дисплей LCD 1602

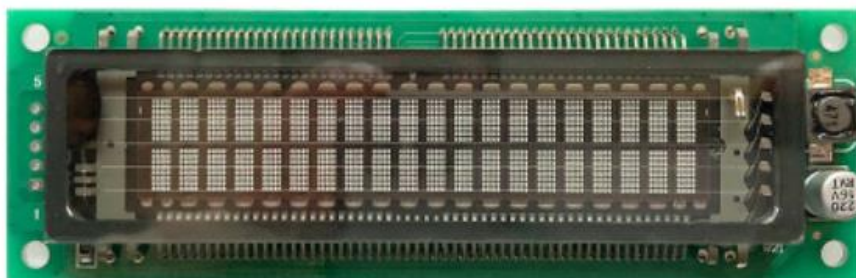


Рис. 2.2. Дисплей VFD 2002

За типом введення даних розрізняють дисплеї:

- З паралельним введенням даних;
- З введенням даних протоколу I2C.

Паралельне введення даних передбачає передачу 8 або 4-бітних слів за 10 або 6 висновками відповідно (рис. нижче - схема підключення для керування 4 бітами). Крім даних, на дисплей подається живлення.

Передача даних на дисплей за допомогою I2C (рис. 3.13) займе 4 піни вашої Arduino, 2 з яких живлення, а 2 – дані.

Серед вітчизняних виробників можна назвати фірму МЕЛТ. Серед продукції, якою є ціла низка різних дисплеїв. Наприклад, нижче зображено дисплей з маркуванням 20S4, за аналогією з попереднім розглянутим, це говорить нам про те, що він відображає 4 рядки по 20 знаків. Він побудований на контролері КБ1013ВГ6 від ВАТ «АНГСТРЕМ», який аналогічний HD44780 фірми HITACHI і KS0066 фірми SAMSUNG. На яких побудовано переважну більшість китайських дисплеїв. До речі, він, як і дисплеї на перелічених чіпах підтримує стандартну бібліотеку паралельного управління Arduino IDE.



Рис. 2.3. Дисплей LCD 1602 з модулем I2C

2.5 Обґрунтування вибору елемента комутації

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

Кнопки керування – це низьковольтні елементи схем автоматизації, рухомі контакти яких переміщуються та реагують на натискання штовхачів певних кнопок. Керуючі апарати відповідальні за роботу реле та контакторів в електроланцюжках. Для ефективного та комфортного керування обладнанням кнопки komponують в одну загальну панель, яка називається кнопковою станцією. Залежно від призначення їх виконують у широкій гамі кольорів: чорні, червоні, білі, жовті і так далі.

Комутаційні елементи поділяються на кілька груп залежно від їхнього принципу роботи та конструкції:

Вимикач клавiшний зазвичай встановлюється для включення/вимкнення освітлення у квартирі або громадській будівлі. Електроланцюг замикається і розмикається внаслідок натискання певну область виконавчого елемента. Прості у використанні, виглядають естетично, бувають вимикачі 1-клавiшні, на 2 та 3 клавiші;

Вимикач-кнопка в домашньому господарстві зустрічається рідко, хіба що у дверних дзвінках, на виробництві такі вироби забезпечують управління промисловим обладнанням, верстатами. При натисканні на кнопку ланцюг замикається, а якщо відпустити розмикається;

Перекидні вимикачі, або тумблери, застосовують для комутації керуючих електроланцюгів, рідше – для живлення в деяких приладах.

Крім цього, існують поворотні вимикачі, світлорегулятори, більш сучасні – сенсорні (комутація відбувається в результаті дотику до пристрою), акустичні (реагують на звук у приміщенні), на дистанційному управлінні.

Так, як пристрій повинен бути компактний, обираю тактову кнопку для включення дисплею.

2.6. Обґрунтування вибору світлових індикаторів

За типом виконання виділяють:

Dip світлодіоди (рис. 2.4). Вони є кристалами, укладеними в циліндричну лінзу. Належать до індикаторних світлодіодів. Існують монохромні та багатоколірні пристрої.

Spider led. Такі світлодіоди схожі на DIP світлодіоди, але мають 4 виходи. У таких діодах оптимізовано тепловідведення, підвищується надійність компонентів. Активно використовуються у автомобільній техніці.

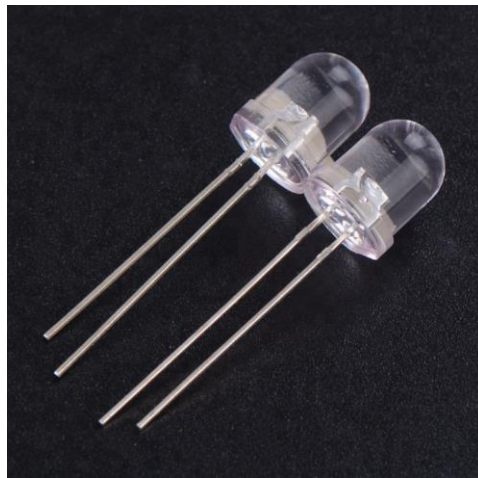


Рис. 2.4. DIP світло діоди

SMD – світлодіоди для поверхневого монтажу. Можуть відноситись як до індикаторних, так і до освітлювальних світлодіодів.

Cob (Chip-On-Board) – кристал встановлено безпосередньо на платі. До переваг такого рішення відносяться захист від окислення, малі габарити, ефективне відведення тепла та рівномірне освітлення по всій площі. Світлодіоди такої марки є найінноваційнішими. Активно використовуються в автомобільній індустрії для створення фар та поворотників, при розробці телевізорів та екранів комп'ютерів.

Oled - органічні тонкоплівкові світлодіоди. Використовуються для побудови органічних дисплеїв. Складаються з анода, підкладки з фольги або скла, катода, полімерного прошарку, шару струмопровідного з органічних матеріалів. До переваг належать малі габарити, рівномірне освітлення по всій

площі, широкий кут свічення, низька вартість, тривалий термін служби, низьке споживання електроенергії.

Filament світлодіоди. Головна їх перевага - висока енергоефективність. Цей інноваційний продукт найчастіше використовується при виготовленні освітлювальних ламп. Серед примітних характеристик виробництва відповідних світлодіодів - здійснення монтажу безпосередньо на підкладку, виконану з скла. Даний підхід дає можливість поширювати світло, що випромінюється світлодіодом, на 360 градусів.

Для світлової індикації критичних рівнів у резервуарі пропонується використати DIP світлодіоди, оскільки вони компактні, прості у підключенні та не потребують додаткового підключення до ланцюга через струмообмежуючий резистор: для цього достатньо внутрішнього опору мікроконтролера.

2.7. Обґрунтування живлення системи

Блок живлення – це електричний пристрій, призначений для формування напруги живлення. Блок живлення – вторинне джерело електроживлення.

Вторинне джерело електроживлення перетворює параметри електроенергії основного джерела електропостачання, наприклад, промислової мережі електроенергію з параметрами, необхідні роботи допоміжних пристроїв.

Призначення блоку живлення - забезпечення пристроїв, що працюють від електроенергії, напругою із заданими параметрами, необхідними для їх функціонування.

Для розроблюваної вимірювальної системи потрібно обрати вторинне джерело живлення. Для цього потрібно врахувати живлення всіх елементів системи. Якщо якісь елементи потребують інший номінал напруги, то потрібно використовувати стабілізатори напруги.

2.8. Обґрунтування блютуз модуля

Для передачі даних на відстань застосуємо блютуз модуль.

Модуль Bluetooth BLE – це технологія, яка діє як інтерфейс, який підтримує бездротове з'єднання Bluetooth з низьким енергоспоживанням будь-яких двох пристроїв і встановлює протокол для передачі даних між пристроями. Дані передаються в певних частотних діапазонах.

Є різні бренди, типи, моделі і класифікації модулів Bluetooth. Різноманітне поширення Bluetooth-модулів робить їх одними з найбільших в Інтернеті речей. (Інтернет речей) протоколи підключення.

1. В залежності від класифікації модуля Bluetooth, модулі Bluetooth зазвичай мають максимальну дальність зв'язку близько 100 м. І, тому короткодіючі.

2. Конструкція схеми визначає радіус дії модуля Bluetooth LE..

3. Модулі Bluetooth з низьким енергоспоживанням споживають мало енергії та потужності і тому ідеально підходять для пристроїв з харчуванням від однієї батареї або обміну невеликими пакетами даних між пристроями в різних з'єднаннях IoT..

4. Схема модуля Bluetooth підтримує частоту смуги 2,4 ГГц і має широкий спектр застосування..

5. Відповідаючий мікроконтроллер можна використовувати для інтеграції Bluetooth з низьким енергоспоживанням у будь-яку систему.

Типовий модуль Bluetooth має 5-6 виводів. Кожен з них виконує різні функції.

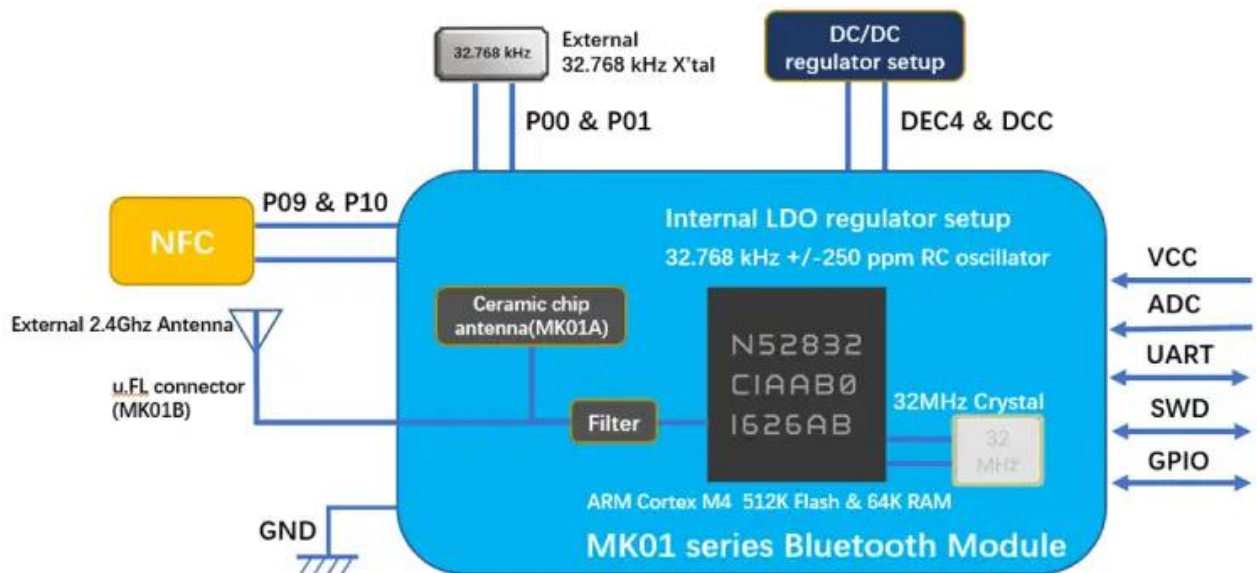


Рис.2.5. Виводи контактів типового модуля Bluetooth

Призначення виводів наступне:

VCC 5 – підключений до виводу VCC.

GND – Використовується для заземлення модуля. Ви підключаєте цей контакт до заземлення модуля.

TXD – підключенні до блоку мікроконтролера. TXD послідовно передає інформацію, отриману модулем Bluetooth, через контакт TXD.

RXD – остаточні дані, які отримують RXD, потім передаються по бездротовому протоколу модулем Bluetooth..

Ключ – використовується для перемикання між АТ-командою модуля Bluetooth і режимами за замовчуванням. Встановив контактний КЛЮЧ на визначене значення.

Стан – вказує стан підключення модуля Bluetooth (Будь то парні або непарні).[8]

2.9. Розробка структурної схеми

З вище обґрунтованих елементів побудуємо структурну схему вимірювальної системи, що представлена на рис. 2.6.



Рис. 3.15 - Структурна схема вимірювальної системи

Складові вимірювальної системи наступні:

- Мікроконтролер;
- Датчики рівня рідини;
- Кнопка включення вимірювальної системи;
- Світлові індикатори;
- Рідкокристалічний дисплей;
- Bluetooth модуль;
- Блок живлення (акумулятор).

Висновки до 2 розділу

В другому розділі було обґрунтовано складові комп'ютеризованої системи для визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва.

До складових системи входять такі елементи: мікроконтролер, блок живлення, датчик рівня рідини дві штуки, bluetooth модуль, рідкокристалічний дисплей, кнопка включення вимірювальної системи, світлові індикатори.

3. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

3.1 Вибір мікроконтролеру

Arduino Uno R3 це контролер, що побудований на основі мікроконтролера ATmega 328 (рис. 4.1). Дана платформа відрізняється від усіх попередніх тим, що вона не використовує USB-послідовний порт FTDI. Замість цього плата, в якості перетворювача інтерфейсів USB-UART, використовує мікроконтролер MEGA16U2. Платформа має 14 цифрових входів/виходів (6 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ), 6 аналогових входів, кварцовий резонатор на 16 МГц, роз'єм USB, роз'єм живлення, роз'єм для внутрішньосхемного програмування (ICSP) та кнопку скидання.

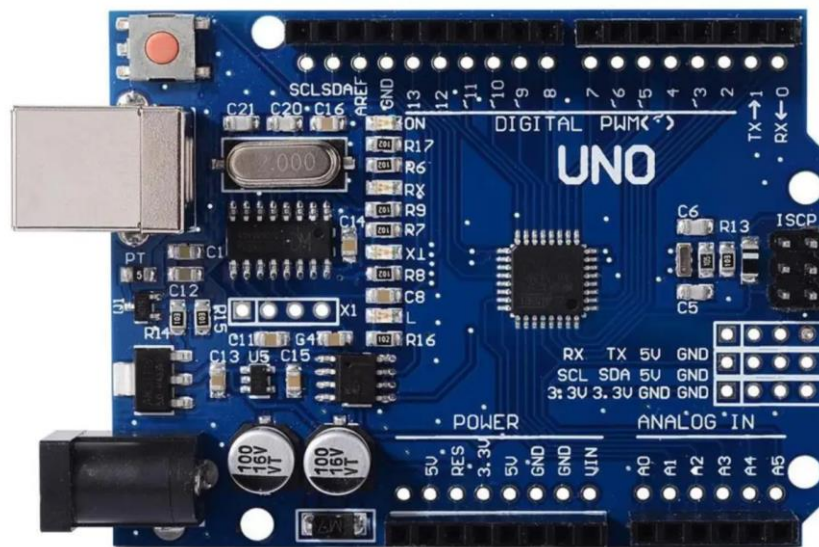


Рисунок 4.1 – Контролер Arduino Uno R3

Основні характеристики платформи Arduino Uno R3 подані у таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Основні характеристики Arduino Uno R3

Мікроконтролер	ATmega328
Робоча напруга	5 В
Вхідна напруга (рекомендовано)	7-12 В
Вхідна напруга (межі)	6-20 В
Цифрові входи/виходи	14 (з яких 6 забезпечують вихід ШІМ)

Аналогові входи	6
Флеш-пам'ять	32 КБ (ATmega328) з яких 0.5 КБ використовується для завантажувача
ОЗП	2 КБ (ATmega328)
EEPROM	1 КБ (ATmega328)
Тактова частота	16 МГц

3.2. Вибір датчика рівня рідини

Для вимірювання рівня рідини було обрано глибиномір T1592 (рис. 4.2), який використовується у проектах на мікроконтролерах для вимірювання рівня води у невеликому резервуарі.

Даний датчик було обрано через невелику вартість, поширеність та простоту у використанні: для підключення живлення та контролера датчик має однорядну групу з трьох штирьових контактів, зазначених на платі як «S» (вихідний сигнал), «+» (напруга живлення), «-» (загальний контакт). Коли на датчик подається напруга живлення, то горить червоний світлодіод, зазначений як Power. У резервуарі датчик монтується вертикально. Для закріплення на плоскій поверхні в платі датчика є два монтажних отвори. Довжина чутливих елементів датчика складає 41 мм, ширина – 16 мм. Живлення датчика здійснюється або від Arduino контролера, або від іншого керуючого мікропроцесора пристрою, або від зовнішнього джерела живлення (блок живлення, батарея).



Рис. 4.2 – Глибиномір T1592

Характеристики датчика T1592 приведені у таблиці 4.2

Таблиця 4.2 – Характеристики датчика рівня рідини

Модель	T1592
Вихідний сигнал	Аналоговий
Напруга живлення	3-5 В
Споживаний струм	Біля 20 Ма
Розмір чутливих елементів (Д x Ш)	41 x 16 мм
Розмір	62 x 20 x 8 мм
Маса	4 г

3.3. Вибір дисплею

Для виводу показів рівня рідини у резервуарі використаємо рідкокристалічний дисплей LED 1602 з модулем I2C.

Рідкокристалічний дисплей (Liquid Crystal Display) LCD 1602 є хорошим вибором для виведення рядків символів у різних проектах. Він коштує недорого, є різні модифікації з різними кольорами підсвічування, можна легко завантажити готові бібліотеки для скетч Ардуїно. Але найбільшим недоліком цього екрану є той факт, що дисплей має 16 цифрових висновків, з яких обов'язковими є мінімум 6. Тому використання цього екрану без I2C додає серйозні обмеження для плат Arduino Uno або Nano.

Дисплей підключається до апаратної шини I2C Arduino (рис. 4.3). Найпростіший варіант підключення дисплея до Arduino – по 4-провідному шлейфу через Trema Shield (на зображенні зліва), оскільки на ньому є підписана колодка шини I2C. Якщо підключати дисплей безпосередньо, то виводи GND та VCC дисплея підключаються до напруги 5 В, а виводи SDA та SCL до апаратної шини I2C (у Arduino UNO вивід SDA = A4, а вивід SCL = A5). На зображенні справа показано, як можна підключити дисплей до спеціальних виводів шини I2C Arduino UNO (ці виводи дублюють виводи A4 та A5).

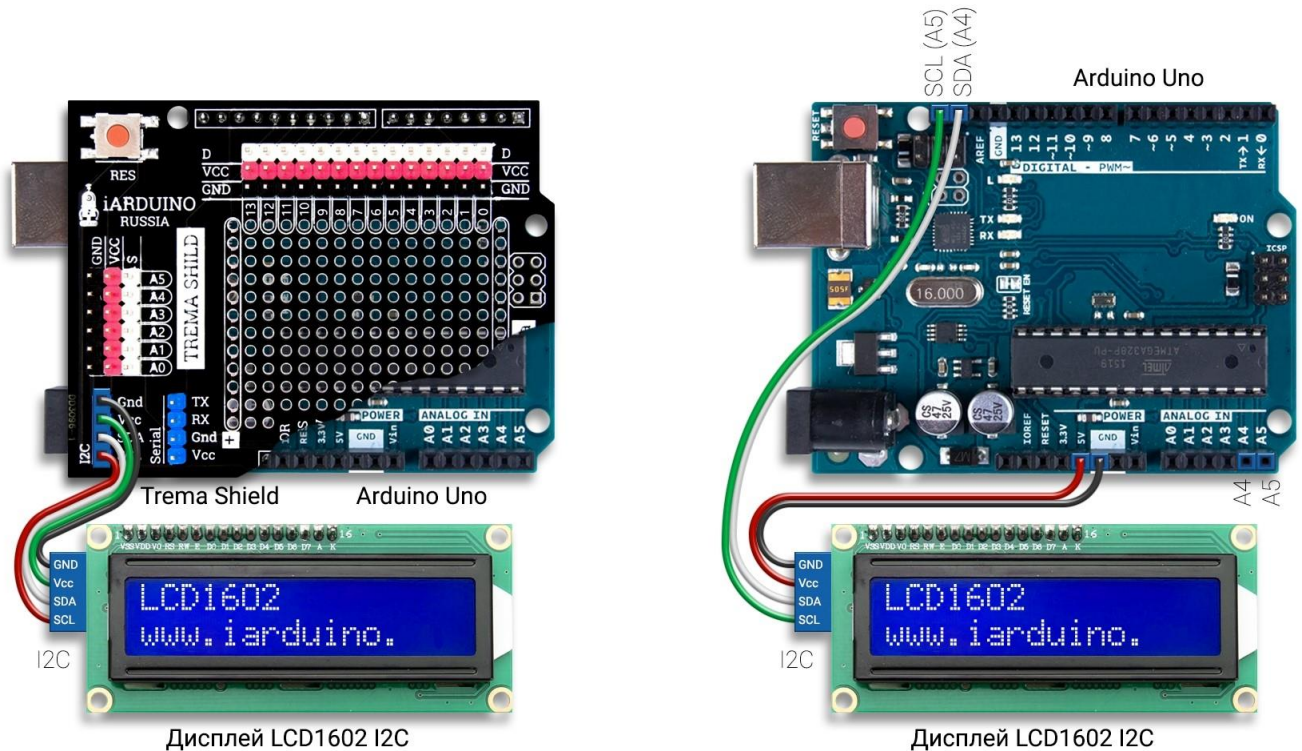


Рис. 4.3 – підключення Arduino до модуля I2C

Символьний дисплей побудований на базі РК дисплея типу STN (Super Twisted Nematic) під керуванням контролера HD44780 і має синхронний паралельний 8-бітний інтерфейс, підключений до конвертера для перетворення паралельного інтерфейсу дисплея в шину I2C, по якій він і підключається до Arduino. Наявність конвертера полегшує підключення дисплея Arduino, оскільки шина I2C використовує всього 2 виводи для передачі даних та 2 виводи живлення. Дисплей оснащений світлодіодним підсвічуванням синього кольору. Дисплей здатний одночасно відображати до 32 символів (16 стовпців, 02 рядки) від чого і пішла назва дисплея: LCD1602. Контролер HD44780 має постійний запам'ятовуючий пристрій, в якому зберігаються цифри, символи латиниці та деякі ієрогліфи японської мови, для їх відображення на дисплеї. Відсутні символи, зокрема, і символи кирилиці можна завантажувати в пам'ять ОЗУ контролера, для виведення на дисплей написів українською мовою або нестандартних символів (наприклад «смайликів» і т.д.).

Технічні характеристики:

- Тип інформації, що виводиться: символний;
- Мова в дисплеї ПЗУ: латиниця, японська;
- Можливість завантаження власних символів: є;
- Формат інформації, що виводиться: 16×02 символів;
- Тип дисплею: LCD;
- Технологія монітора: STN;
- Кут огляду: 180 °;
- Тип підсвічування: LED;
- Колір підсвічування: синій;
- Колір символів: білий;
- Контролер: HD44780;
- Інтерфейс: синхронний, 8-бітний, паралельний;
- Напруга живлення: 5 В;
- Робоча температура: від -20 до +70°C;
- Температура зберігання -30...+80°C;
- Розмір: 80х36 мм.

3.4 Вибір елемента комутації

Для включення дисплею використовується тактова кнопка. Для цього потрібна міцна кнопка, тому що враховується сила та кількість натиснень на неї. Через це обрано використовувати кнопку TS7701-5.0-250 (рис. 4.4).



Рис. 4.4 – Тактова кнопка TS7701-5.0-250

Технічні характеристики:

- Номінальна напруга: 12 В;
- Номінальний струм: 50 мА;
- Сила перемикання: 250 gf (± 30);
- Розміри корпусу: 7,3 x 7,3 мм;
- Висота кнопки: 5 мм;
- Робоча температура: від -20 до +70°C;
- Опір контактів: 50M Ω max;
- Опір ізоляції: 100M Ω min. 250 В;
- Монтаж: DIP;
- Ресурс: 100 000 циклів;
- Ступінь вологозахисту IP67.

3.5 Вибір світлових індикаторів

Для індикації критично малого та критично великого рівня заповнення резервуара було прийнято рішення використовувати 2 DIP світлодіода: синій – для критично малого рівня та червоний – для критично великого (рис. 4.5).



Рис. 4.5 – DIP світлодіоди червоного та синього кольору

Технічні характеристики:

- Номінальний струм: 20 Ма;
- Максимальний імпульсний струм: 50 Ма;

- Пряма номінальна напруга (червоний): 1,5 – 2,6 В;
- Пряма номінальна напруга (синій): 3,2 – 4,5 В;
- Максимальна зворотна напругу: 5 В.

3.6 Вибір блока живлення

Враховавши всі напруги живлення елементів, пропонується використати акумулятор на 9 В (рис. 4.6). Пропонується використати літій-іонні акумуляторні батареї типу Крона 6F22 (CR-9V) з вбудованим USB Type-C роз'ємом.

Заряджати акумулятори можна від будь-якого USB-порту звичайного комп'ютера чи ноутбука. Місткість акумулятора: 650мАч, напруга: 9В.

Така батарея дуже широко використовується з багатьма електронними пристроями, наприклад: настінний годинник, будильник, сигналізація, ліхтар, GPS навігатор, пульт дистанційного керування, датчики диму, мультиметр, дозиметр, диктофон, будівельні прилади і т.д. Акумулятор має великий термін експлуатації, більш ніж 1000 циклів заряд-розряд.



Рис. 3.6 - Крона 6F22 9V (CR-9V)

Технічні характеристики:

- Країна-виробник: Китай;
- Ємність акумулятора: 650 мА/год;
- Напруга: 9 В;

- Тип: Батарейка;
- Тип акумулятора: Li-Ion;
- Типорозмір: Kropa;
- Гарантійний термін: 6 місяців;
- Призначення: Універсальний;
- Колір корпусу: Сірий.

3.7. Вибір блютуз модуля

Bluetooth модуль HC-06 (рис.3.7) дозволяє підключати модулі Arduino до телефонів, PDA, наладонників, смартфонів, ноутбуків, та будь-яких інших пристроїв, які мають Bluetooth, що працює в режимі master. Дозволяє передавати дані на контролер Arduino через стандартний інтерфейс RS-232.



Рис.3.7. Bluetooth модуль HC-06

Для використання модуля Bluetooth потрібно спочатку на його основі зібрати прототип: підключити живлення, контролер, пристрій з master Bluetooth. Потім слід записати в Arduino контролер спеціальну програму. Потім на комп'ютері потрібно створити COM порт через з'єднання Bluetooth. Після цього знадобиться програма-термінал для відправки даних через COM порт через з'єднання Bluetooth, наприклад, безкоштовна Termite. Потім

потрібно провести налаштування та тестування модуля за допомогою AT-команд та розпочинати роботу. Також є можливість підключення до Linux та Android. При підключенні до модуля живлення, на корпусі повинен спалахнути червоний світлодіод.

Управління Bluetooth модулем здійснюється із пристроєм master Bluetooth (телефон, PDA, ноутбук та ін.). Дані передаються за стандартом UART, який вшитий у більшості систем, що вбудовуються (цей порт є майже у всіх мікроконтролерах, або легко організується програмно). Також можливе керування за допомогою AT-команд. Bluetooth модуль з антеною має один 4-х піновий штирьовий інтерфейс.

Призначення виводів наступне:

- STATE – сюди дублюється сигнал із вбудованого світлодіода, коли модуль активний, світлодіод блимає, коли зв'язок встановлений – горить;
- RXD – на цьому піні модуль приймає дані (тобто у вашому скетчі сюди треба надсилати дані);
- TXD – сюди модуль надсилає дані;
- GND – земля;
- VCC – живлення 5В;
- EN – вкл/викл, якщо подати сюди логічну одиницю (або просто логічну одиницю), то модуль вимкнеться, якщо логічний нуль (або просто не підключатиме цей пін) буде працювати.

Технічні характеристики:

- Модель: HC-06;
- Контролер: BC417 компанії Cambridge Silicon Radio;
- Зв'язок із Arduino: інтерфейс RS232;
- Чутливість приймача: -80 dBm;
- Діапазон зміни вихідної потужності: від -4 до +6 dBm;
- Рівень потужності: Bluetooth Class2 (+6 dBm);
- Апаратна підтримка: Bluetooth 2.0 + EDR (Enhanced Data Rate);
- Робоча частота: 24 ГГц;

- Вбудована пам'ять: 1 МБ;
- Напруга живлення: 3,6...6 В;
- Струм споживання: 30...40 мА;
- Можливі швидкості передачі: 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200, 230400 бод;
- Робочий температурний діапазон -25...75°C;
- Фізичні розміри (Д x Ш x В): 27×13×2 мм.[13]

3.8. Принципова електрична схема

Всі складові вище описані та обґрунтовані, побудуємо принципову схему вимірювальної системи (рис. 3.8).

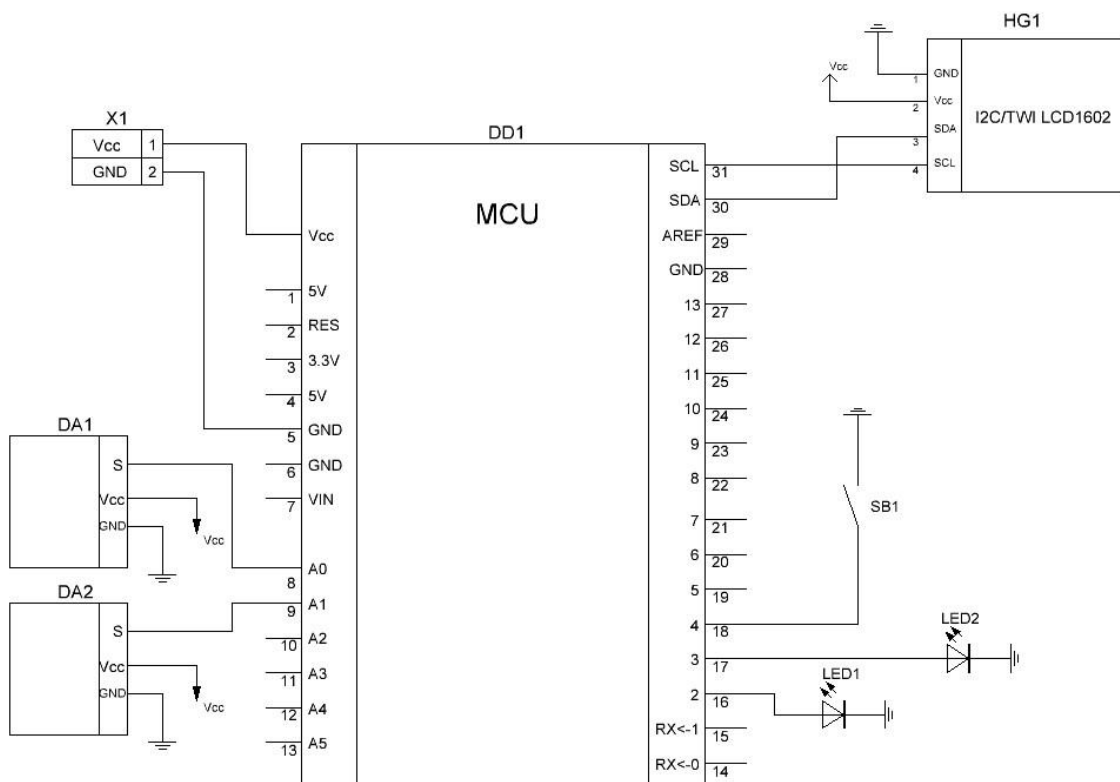


Рис. 3.8 – Принципова схема

Складові системи наступні:

- DD1 – мікроконтролер Arduino Uno R3 ATmega328P AU AVR;
- DD2 – блютуз модуль HC-06;
- DA1, DA2 – глибиномір T1592;

- HG1 – рідкокристалічний дисплей LCD 1602 blue I2C;
- SB1 – тактова кнопка TS7701-5.0-250;
- LED1, LED2 – світлодіоди типу DIP.

Висновок до 3 розділу

В третьому розділі була розроблена принципова схема на базі структурної схеми та обраних елементів. Був зроблений опис, приведені технічні характеристики, зовнішній вигляд елементів.

Згідно обраних складових вимірювальна система для визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва складається з таких елементів: мікроконтролер Arduino Uno, глибиномір T1592, модуль блютуз HC-06, рідкокристалічний дисплей LCD 1602, тактова кнопка TS7701-5.0-250, світлодіоди типу DIP.

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

4.1.Розробка алгоритму

Розроблений алгоритм представлений на рис.4.1.

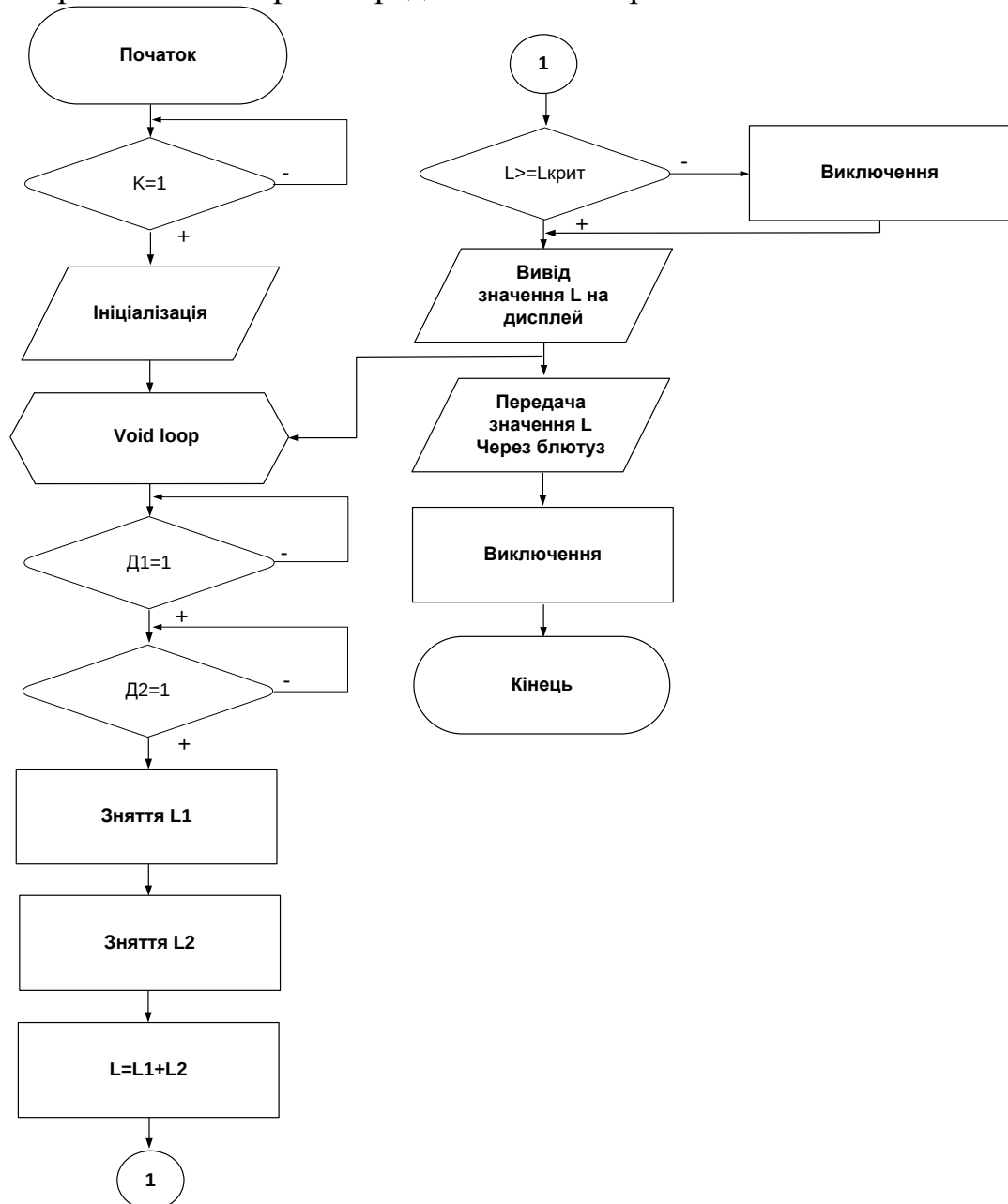


Рис.4.1.Алгоритм інформаційно-вимірювальної системи

Блок початок означає початок роботи інформаційно-вимірювальної системи. Після перевіряємо чи натиснута кнопка. Якщо кнопка натиснута, то система починає свою роботу.

Ініціалізація виконує функцію визначення виводів мікроконтролера та змінних.

Блок `void loop` відповідає за цикл, який буде повторюватись постійно, поки не виключити систему.

Потім дві умови опитування датчиків. Чи є сигнал на датчиках. Якщо є, то переходимо далі до вимірювання значення датиків. Якщо не, система продовжує опитувати.

Потім відбувається обрахунок середнього значення.

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

Потім вивід значення рівня рідини на дисплей.

Також передача виміряних даних відбувається по блютуз модулю.

Після цього система зациклюється та продовжує вимірювання поки її не вимкнути.

Потім ручне виключення та кінець роботи програми.

4.2 Розробка програми

Для написання коду використовувалась програма Arduino IDE - інтегроване середовище розробки для Windows, MacOS та Linux, розроблене на Cі та C++, призначене для створення та завантаження програм на Arduino-сумісні плати, а також на плати інших виробників.

Вихідний код середовища випущений під загальнодоступною ліцензією GNU версії 2. Підтримує мови Cі і C++ з використанням спеціальних правил структурування коду. Arduino IDE надає бібліотеку програмного забезпечення з проекту Wiring, яка надає безліч загальних процедур введення та виведення. Для написаного користувачем коду потрібні лише дві базові функції для запуску ескізу та основного циклу програми, які скомпільовані та пов'язані із заглушкою програми `main ()` у виконувану циклічну програму з ланцюжком інструментів GNU, також включеною до дистрибутиву IDE. Використовує програму `avrdude` для перетворення коду, що виконується, в текстовий файл у

шістнадцятковому кодуванні, який завантажується в плату Arduino програмою-завантажувачем у вбудованому програмному забезпеченні плати.

Програми, написані програмістом Arduino, називаються начерки або 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++.

Програміст повинен написати дві обов'язкові для Arduino функції `setup()` та `loop()`. Перша викликається одноразово при старті, друга виконується у нескінченному циклі.

У текст своєї програми (скетчу) програміст ні вставляти заголовні файли використовуваних стандартних бібліотек. Ці файли заголовків додасть препроцесор Arduino відповідно до конфігурації проекту. Однак користувацькі бібліотеки потрібно вказувати.

Менеджер проекту Arduino IDE має нестандартний механізм додавання бібліотек. Бібліотеки у вигляді вихідних текстів на стандартному C++ додаються до спеціальної папки в робочому каталозі IDE. Назва бібліотеки додається до списку бібліотек у меню IDE. Програміст зазначає необхідні бібліотеки, і вони вносяться до списку компіляції.

Arduino IDE не пропонує жодних налаштувань компілятора та мінімізує інші налаштування, що спрощує початок роботи для новачків та зменшує ризик виникнення проблем, але є директиви препроцесора, такі як `#define`, `#include` та багато інших.

Код розробленої програми представлений в Додатку А.

4.3. Методи програмно-алгоритмічної обробки вимірювальної інформації

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 поодиночі.

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:

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

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 Б (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 В.

Візьмемо експериментальні дані в 20 значень та обрахуємо метрологічні характеристики L.

L = [50.1 50.26 50.15 50.2 53.3 52.25 54.15 55.5 54.16 53.20 52.13 52.19 52.25 52.23 54.3 52.7 52.16 52.13 52.12 52.17];

Середньоарифметичного значення результатів багатократних вимірювань рівня рідини для вибірки L:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_i x_i = 52.282.$$

Середньо геометричного значення результатів багатократних вимірювань рівня рідини для вибірки L:

$$G(x) = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n x_j} = 52.363.$$

Значення медіани результатів багатократних вимірювань фізичної величини рівня рідини для вибірки L:

$$M = \frac{x_{(n/2)} + x_{(n/2)+1}}{2} = 52.210.$$

Оцінки випадкової величини наступні:

Оцінка дисперсії: 1,1471.

Середньоквадратичного відхилення середнього значення: 0,0329.

Висновок: значення не перевищують допустимий діапазон.

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

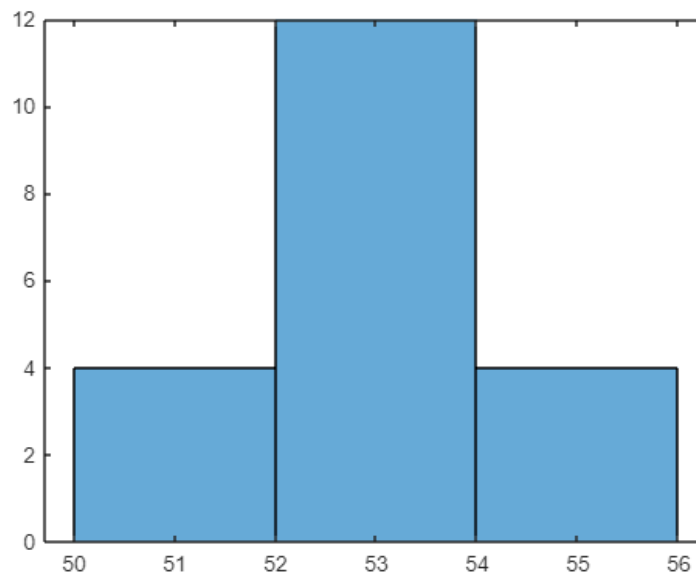


Рис.4.2. Закон розподілу результатів вимірювань на основі побудови гістограми для вибірки L

Виконуємо перевірку на наявність грубих помилок за критерієм Ірвіна, для цього визначаємо коефіцієнти по формулі (4.2).

Таблиця 4.2. Обрахунок наявності похибки у вибірці за критерієм Ірвіна

<i>N</i>	<i>L</i>	Похибка
1	50.1	Відсутня
2	50.26	Відсутня
3	50.15	Відсутня
4	50.2	Відсутня
5	53.3	Присутня
6	52.25	Відсутня
7	54.15	Відсутня
8	55.5	Відсутня
9	54.16	Відсутня
10	53.20	Відсутня
11	52.13	Відсутня
12	52.19	Відсутня
13	52.25	Відсутня
14	52.23	Відсутня

15	54.3	Присутня
16	52.7	Відсутня
17	52.16	Відсутня
18	52.13	Відсутня
19	52.12	Відсутня
20	52.17	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 Романовського

<i>N</i>	<i>L</i>	Похибка
1	50.1	Відсутня
2	50.26	Відсутня
3	50.15	Відсутня
4	50.2	Відсутня
5	53.3	Відсутня
6	52.25	Відсутня
7	54.15	Відсутня
8	55.5	Відсутня
9	54.16	Відсутня
10	53.20	Відсутня
11	52.13	Відсутня
12	52.19	Відсутня
13	52.25	Відсутня
14	52.23	Відсутня
15	54.3	Відсутня
16	52.7	Відсутня
17	52.16	Відсутня
18	52.13	Відсутня

19	52.12	Відсутня
20	52.17	Відсутня

За критерієм Романовського грубих помилок не виявлено.

Оцінки елімінованого масиву за критерієм Діксона.

Середнє значення: 52.383.

Допустимий діапазон: 52.382 +/- 0.573.

Висновки до 4 розділу

В четвертому розділі був розроблений алгоритм комп'ютеризованої інформаційно-вимірjuвальних систем для визначення рівня рідини в резервуарах хімічного. Враховуючі алгоритм, була написана програма.

Були обраховані метрологічні характеристики на базі створеної програми.

В якості експериментальних даних були взяті двадцять значень рівня рідини. За обрахунками значень виявилися грубі помилки. Помилки були виявлені тільки методам Ірвіна. За критерієм Діксоном тв. Романовського всі значення припустимі.

ВИСНОВКИ

У першому розділі проведено опис методів вимірювання рівня рідини. Існують такі методи вимірювання рідини: ультразвукові, поплавкові, гідростатичні, радарні, рефлексно радарні, буйкові.

Зроблено аналіз існуючих систем для вимірювання рівня рідини.

Вони мають переваги такі, як надійність, доступність, точність. Але також мають ряд і недолівків такі, як висока ціна та не можливість передавати дані на відстань.

В другому розділі було обґрунтовано складові комп'ютеризованої системи для визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва.

До складових системи входять такі елементи: мікроконтролер, блок живлення, датчик рівня рідини дві штуки, блютуз модуль, рідкокристалічний дисплей, кнопка включення вимірювальної системи, світлові індикатори

В третьому розділі була розроблена принципова схема на базі структурної схеми та обраних елементів. Був зроблений опис, приведені технічні характеристики, зовнішній вигляд елементів.

Згідно обраних складових вимірювальна система для визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва складається з таких елементів: мікроконтролер Arduino Uno, глибиномір T1592, модуль блютуз HC-06, рідкокристалічний дисплей LCD 1602, тактова кнопка TS7701-5.0-250, світлодіоди типу DIP.

В четвертому розділі був розроблений алгоритм комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальних систем для визначення рівня рідини в резервуарах хімічного. Враховуючі алгоритм, була написана програма.

Були обраховані метрологічні характеристики на базі створеної програми.

В якості експериментальних даних були взяті двадцять значень рівня рідини. За обрахунками значень виявилися грубі помилки. Помилки були виявлені тільки методам Ірвіна. За критерієм Діксоном тв. Романовського всі значення припустимі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. William B. Instrumentation and control systems / Bolton 5. William. – Burlington: 30 Corporate Drive, Suite 400, 2004. – 352 с.
2. Ультразвукові рівнеміри [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/1471/5/4.pdf>.
3. Ілюшенко В.І. Вимірювання в енергетиці / В.І.Ілюшенко, А.І.Туяхов, С.М.Саф'янц. - Донецьк:Норд-Прес, 2008.- 352 с.
4. Контроль рівня води Lovato LVM20 на 3 датчика [Електронний ресурс]. –Режим доступу: <https://aquavital.com.ua/ua/p1233912692-elektronnyj-avtomaticheskij-kontroller.html>.
5. Контролер рівня води Vagner Pool HS 3.02 на 7 датчиків [Електронний ресурс]. –Режим доступу: <https://aquavital.com.ua/p1234589567-elektronnyj-avtomaticheskij-kontroller.html>.
6. Датчик рівня води (рідини) ультразвуковий бездротовий на 100 метрів Kronos UZI-TS [Електронний ресурс]. –Режим доступу: <https://gadgets-world.com/ua/datchik-urovnya-vody-zhidkosti-ultrazvukovoy-besprovodnoy-na-100-metrov-kronos-uzi-ts-0-15-m-433-mgts-lcd>.
7. Переваги ультразвукових датчиків [Електронний ресурс]. –Режим доступу: <http://www.sensorica.ru/s3-3a.shtml>.
8. Принцип роботи УЗ-датчиків рівня [Електронний ресурс]. –Режим доступу: rusautomation.ua/articles/ultrazvukovye-datchiki-urovnya-osobennosti-primeneniya.
9. Як влаштований РК дисплей [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://techno-guide.ru/informatsionnye-tehnologii/displei/ustrojstvo-zhk-displeya.html>.
10. Обираємо текстовий екран [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://amperka.ua/page/text-displays-guide>.
11. Принцип роботи сирени для сигналізації та особливості підключення [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://signalkaman.ua/remont/printsip-raboty-sireny-dlya-signalizatsii-i-osobennosti-podklyucheniya.html>

12. Основні типи і види насосів, їх характеристики [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://poradumo.com.ua/301962-o-176>.

13. Одноканальне реле 5V Arduino KY-019 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://beegreen.com.ua/odnokanalne-rele-5v-arduino-ky-019-11731>– Дата звернення: 25.05.2021.

14. Магда Ю. Микроконтроллеры серии 8051. Практический подход / Ю. С. Магда., 2008. – 224 с.

15. Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/prod182-yltrazvykovoi-datchik-rasstoyaniya-hc-sr04>.

16. LCD 1602 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://duino.ua/lcd-1602-arduino>.

17. Міні сирена Elegant EL 101 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.avtoradosti.com.ua/p/125795.html>.

18. LED червоний ультра яскравий [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://arduino.ua/prod372-Svetodiod_krasnii.

19. Стабілізатор напруги MT3608 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://3v3.com.ua/product_1019.html.

20. Насос WM-DW0010 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://aurora-auto.com/products/motorchik-omyvatelya-daewoo-landos-sens-novogo-obraztsa-aurora>.

21. Блоку живлення HG Power 5 В 4 А [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://electronoff.ua/good/blok-pitaniya-5v-4a-vilochnyj-adpv26b-5.php>.

22. Ультразвуковий контроль рівня води на мікроконтролері 8051 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.circuitstoday.com/ultrasonic-water-level-controller-using-8051>.

23. Bluetooth модуль HC-06 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ardushop.in.ua/arduino/bluetooth-module-hc-06-for-arduino>.

24. Основи метрології та вимірювальної техніки: Підручник для вузів в двох томах / М. Дорожовець, В. Мотало, Б. Стадник, В. Василюк, Р. Борек, А. Ковальчик. – За ред. д-ра техн. наук Б. Стадника. – Львів: Вид-во Національного університету “Львівська політехніка”, 2004. – Т. 1. Основи метрології. – 524 с.

25. Володарський Є.Т., Кухарчук В.В., Поджаренко В.О., Сердюк Г.Б. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю. Навчальний посібник. – Вінниця: Велес, 2001. – 219 с.

26. Методичні вказівки “Опрацювання результатів вимірювань” до виконання курсової роботи з дисципліни „Основи метрології та вимірювальної техніки” для студентів напряму підготовки 0913 - "Метрологія та вимірювальна техніка". / Уклад. В.О. Поджаренко, О.М. Васілевський, О.П. Войтович. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 38 с.