

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ,
МЕХАТРОНІКИ І РОБОТОТЕХНІКИ
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему:

**Комп'ютеризована система для визначення рівня рідини у резервуарах
хімічного виробництва**

Виконав: студент 4 курсу, групи МТ-3
спеціальність Метрологія та
інформаційно-вимірювальна
техніка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Сай А.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник доцент кафедри М та ІВТ
кандидат технологічних наук
Чепюк Л.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент к.т.н., доцент, в.о. декана
ФКІТМР Ткачук А.Г.

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

«_____» _____ 202_ р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Сай Артем Анатолійович

1. Тема роботи: Комп'ютеризована система для визначення рівня рідини у резервуарах хімічного виробництва

Затверджена Наказом по університету від «___» _____ 202_ р. № _____

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедру «___» _____ 202_ р.

3. Вихідні дані до роботи: Комп'ютеризована система для визначення рівня рідини у резервуарах хімічного виробництва повинна включати наступні компоненти та функціональні можливості:

Система живлення: Працює від акумулятора 5 В.

Датчики: Датчик рівня рідини HC-SR04 з високою точністю вимірювання.

Процесорний блок: Мікроконтролер Atmega328 для обробки сигналів з датчиків.

Інтерфейс для підключення до комп'ютера або PLC.

Дисплей: LCD дисплей для відображення даних про рівень рідини .

Сигналізація: Звукове оповіщення при досягненні критичних значень ріди

Програмне забезпечення: Алгоритми обробки даних з датчиків.

Точність вимірювань: Система повинна забезпечувати точність вимірювання рівня рідини до ± 3 мм.

Додаткові функції: Можливість підключення додаткових датчиків.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці):

Розрахунок показників точності та надійності

5. Перелік графічного матеріалу (з точним визначенням обов'язкових креслень): Структурна схема комп'ютеризованої системи вимірювання рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва.

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

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз літературних джерел	5.04.2024-15.04.2024	
2	Аналіз існуючих систем вимірювання рівня рідини	16.04.2024-20.04.2024	
3	Вивчення принципів та методів вимірювання	21.04.2024-24.04.2024	
4	Розробка структурної схеми системи	25.04.2024-29.04.2024	
5	Вибір датчиків та обладнання	10.05.2024-13.05.2024	
6	Розробка програмного забезпечення	14.05.2024-17.05.2024	
7	Тестування та налаштування системи	18.05.2024-27.05.2024	
8	Оформлення пояснювальної записки та презентаційного матеріалу	01.06.2024-20.06.2024	

Студент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему «Комп'ютеризована система для визначення рівня рідини у резервуарах хімічного виробництва»

містить 67 сторінки, 18 рисунків, 3 таблиці, 8 формул, 15 джерел.

В роботі проводиться обґрунтування актуальності створення системи вимірювання рівня рідини у резервуарах хімічного виробництва.

Розроблена структурна та принципова схема системи вимірювання рівня рідини. Прорахована надійність системи.

Розроблена блок-схема алгоритму роботи програми та відповідна програма.

Ключові слова: рівень рідини, датчик рівня, мікроконтролер

ANNOTATION

The bachelor's qualification work on the topic "Computerized system for determining the level of liquid in chemical production tanks" contains 67 pages, 18 figures, 3 tables, 8 formulas, 15 sources

The work substantiates the relevance of creating a system for measuring the liquid level in chemical production tanks.

The structural, functional and principle diagram of the liquid level measurement system was developed. Calculated reliability of the system.

A block diagram of the algorithm of the program and the corresponding program have been developed.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	9
1.1. Призначення та область застосування.....	9
1.2. Умови експлуатації	9
1.3. Технічні характеристики та режими роботи системи.....	9
1.4. Конструктивне оформлення системи.....	9
2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ	11
2.1. Методи вимірювання рівня рідини.....	14
2.2. Контактні методи вимірювання.....	16
2.3. Безконтактні методи вимірювання.....	17
2.4. Аналіз існуючих технічних рішень.....	18
3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ.....	24
3.1. Обґрунтування складових системи.....	24
3.2. Обґрунтування вибору мікроконтролера.....	26
3.3. Обґрунтування вибору датчиків рівня рідини.....	30
3.4. Обґрунтування звукового модуля.....	33
3.5. Обґрунтування індикації.....	35
3.6. Розробка структурної схеми.....	36
4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....	37
4.1. Вибір мікроконтролера.....	37
4.2. Вибір датчиків рівня рідини	38
4.3. Вибір звукового модуля	40
4.4. Вибір кнопок та індикації.....	41
4.5 Побудова принципової схеми.....	44
5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ.....	46
5.1. Розробка алгоритму роботи системи.....	46
5.2. Розробка програмного забезпечення.....	48
6. НАДІЙНОСТЬ СИСТЕМИ.....	51
6.1 Розрахунок надійності системи.....	51
6.2. Розрахунок похибок вимірювання	54
7.ОХОРОНА ПРАЦІ.....	57
7.1. Охорона праці на підприємстві.....	57
7.2. Розробка заходів з охорони праці.....	58
7.3. Пожежна безпека приміщення.....	60
ВИСНОВКИ.....	63
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	65

					МММТ 480.011.013			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Комп'ютеризована система для визначення рівня рідини у резервуарах хімічного виробництва	Літ.	Арк.	Аркшів
		Сай А.А.						
		Подчашинськи					5	68
Рецензен						ДУ «Житомирська політехніка» МТ-3		
Н. контр.								
Затверд.		Подчашинськи						

ВСТУП

В останні роки в промисловості все більшого значення набуває автоматизація та комп'ютеризація виробничих процесів. Одним із важливих аспектів є контроль та моніторинг рівня рідин у резервуарах, що використовуються в хімічному виробництві. Це питання є актуальним, оскільки від точності вимірювання залежить безпека виробничих процесів, якість продукції та ефективність використання ресурсів.

Комп'ютеризована система для визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва є важливою частиною сучасних промислових процесів. Вона забезпечує точний контроль за рівнем рідин, що є критично важливим для безпеки, ефективності та оптимізації виробництва. Контроль рівня рідини допомагає уникнути аварійних ситуацій, таких як переповнення або недостатнє заповнення резервуарів, що може призвести до небезпечних умов або неефективної роботи обладнання. Відсутність точного контролю може викликати витрати через втрати продукту, аварії та незаплановані простої обладнання, що особливо важливо для хімічної промисловості з її високими стандартами безпеки та якості.

Метою даної роботи є розробка комп'ютеризованої системи для визначення рівня рідини у резервуарах хімічного виробництва. Система повинна забезпечувати безперервне вимірювання рівня рідини, надавати точні дані у режимі реального часу та дозволяти оперативно реагувати на зміни рівня рідини.

Для досягнення поставленої мети в роботі буде проведено аналіз існуючих методів вимірювання рівня рідини, розроблено структурну схему системи, обґрунтовано вибір датчиків та обладнання, а також розроблено програмне забезпечення для контролю та вимірювання рівня рідини.

Існує декілька типів систем для вимірювання рівня рідини в резервуарах, кожна з яких має свої переваги та недоліки.

Переваги: висока точність і надійність, безконтактне вимірювання, придатність для різних типів рідини, простота в установці та обслуговуванні,

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

стабільність незалежно від умов середовища, здатність працювати в агресивних середовищах, низька вартість для деяких систем, надійність, а також можливість вимірювати рівень провідних рідин.

Недоліки: чутливість до змін температури та тиску, можливість помилок при наявності пари або піни, висока вартість деякого обладнання, складність в установці та налаштуванні, менша точність для непровідних або агресивних рідин, потреба в регулярному обслуговуванні та чищенні, контакт з рідиною, можливість засмічення або корозії, непридатність для в'язких або забруднених рідин, обмежене застосування в умовах високої забрудненості або кольорових рідин.

Розробка комп'ютеризованої системи для визначення рівня рідини у резервуарах хімічного виробництва є важливою з кількох ключових причин, що забезпечують її практичне застосування і цінність на таких підприємствах.

Точність вимірювань є критичною для хімічних процесів. Невірне визначення рівня рідини може призвести до небажаних хімічних реакцій, аварій або втрати продукції. Данна система забезпечує високу точність вимірювання рівня рідини, що дозволяє підтримувати оптимальні умови для різноманітних виробничих процесів.

Система забезпечує безконтактне вимірювання рівня рідини за допомогою ультразвукового датчика. Це важливо в умовах, коли рідина може бути агресивною, корозійною або небезпечною для здоров'я персоналу. Безконтактне вимірювання знижує ризик забруднення датчика і продовжує його термін служби.

Система розроблена з урахуванням робочої температури від 2°C до +70°C і забезпечує захист від корозії та агресивних хімічних речовин. Це робить її придатною для використання в різних умовах експлуатації, включаючи ті, де інші системи можуть вийти з ладу.

Також система інтегрується з дисплеєм (наприклад, LCD 16x2), що дозволяє операторам легко моніторити рівень рідини в режимі реального часу. Це підвищує зручність і ефективність управління виробничими процесами.

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Док.
						7
Зм.	Док.	№ докum.	Підпис	Дат		

Звукова індикація дозволяє оперативно реагувати на критичні зміни рівня рідини. Це підвищує загальний рівень безпеки на підприємстві, знижуючи ризик аварій і небезпечних ситуацій.

Завдяки цим перевагам, данна система буде ефективно використовуватись на хімічних виробництвах, забезпечуючи високу точність, надійність і безпеку операцій, а також сприяючи оптимізації виробничих процесів і зниженню експлуатаційних витрат.

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1.ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1.1.Призначення та область застосування

Призначення системи

Комп'ютеризована система для визначення рівня рідини у резервуарах хімічного виробництва призначена для:

- Моніторинг рівня рідини
- Сигналізація
- Автоматизація процесів
- Збір даних

Початок розробки – квітень 2024 р.

Кінець розробки – червень 2024 р.

1.2. Умови експлуатації та технічні характеристики

Система повинна функціонувати у безперервному режимі з можливістю швидкого обслуговування та ремонту. Умови експлуатації включають широкий діапазон температур, вологість та потенційну наявність агресивних хімічних речовин.

1.3. Технічні характеристики та режими роботи системи

Основні параметри системи включають:

- Діапазон вимірювання рівня рідини: 0-5 метрів.
- Похибка вимірювання: $\pm 0.2\%$.
- Робоча температура: $+2^{\circ}\text{C}$ до $+70^{\circ}\text{C}$.

Режим роботи системи:

Прилад працює без необхідності ручного управління або налаштування під час

її нормальної експлуатації.

1.4. Конструктивне оформлення системи

Загальні вимоги

- Компактність

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

–Модульність

–Стійкість до середовища

Взаємне розташування компонентів

–Мікроконтролер

–Датчик рівня рідини

–LCD-дисплей

–Звуковий модуль

–Елементи живлення

Елементи відображення, управління та індикації

–Відображення

–Управління

–Індикація

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

2.ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

Огляд існуючих систем

Існуючі системи для визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва можна розділити на кілька категорій:

–Ультразвукові системи: Використовують ультразвукові хвилі для вимірювання відстані до поверхні рідини. Ці системи відомі своєю точністю та надійністю, але можуть бути чутливими до змін температури та тиску.

–Радарні системи: Працюють за принципом відбиття радіохвиль від поверхні рідини. Вони менш чутливі до умов навколишнього середовища і можуть використовуватися в складних умовах, таких як висока температура або тиск.

–Ємнісні системи: Вимірюють зміну ємності між електродами в рідині. Ці системи добре підходять для вимірювання рівня провідних рідин, але можуть бути менш точними у випадку непровідних або агресивних рідин.

–Поплавкові датчики: Використовують поплавок, який рухається разом із рівнем рідини, змінюючи електричний сигнал. Це прості та надійні системи, але вони можуть мати обмежену точність і чутливість.

–Оптичні системи: Використовують зміну оптичних властивостей рідини для визначення її рівня. Вони можуть бути дуже точними, але їх застосування обмежене умовами прозорості рідини.

Аналіз існуючих систем

Кожна з цих систем має свої переваги та недоліки, і вибір конкретної системи залежить від специфічних вимог виробництва. Наприклад, ультразвукові та радарні системи зазвичай використовуються для великих резервуарів і складних умов експлуатації завдяки їх високій точності та надійності. Ємнісні системи можуть бути більш економічним варіантом для провідних рідин, але вони потребують регулярного технічного обслуговування.

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Док.
						11
Зм.	Док.	№ докum.	Підпис	Дат		

Поплавкові датчики залишаються популярними завдяки простоті використання і низькій вартості, але вони підходять лише для неагресивних і однорідних рідин. Оптичні системи можуть бути дуже ефективними для чистих і прозорих рідин, але їх застосування обмежене умовами виробництва

Актуальність теми

У сучасному світі, де хімічна промисловість відіграє важливу роль у багатьох галузях економіки, зокрема у виробництві медикаментів, пластмас, добрив, фарб і багатьох інших продуктів, контроль і управління процесами виробництва набувають великого значення. Одним з ключових аспектів безпечної та ефективної роботи хімічних підприємств є моніторинг рівня рідин у резервуарах.

Актуальність теми розробки комп'ютеризованої системи для визначення рівня рідини у резервуарах хімічного виробництва зумовлена кількома важливими факторами:

–Безпека: Хімічні речовини можуть бути небезпечними для здоров'я людини та навколишнього середовища. Неналежний контроль за рівнем рідин може призвести до аварійних ситуацій, витоків токсичних речовин, пожеж або вибухів. Тому точний та своєчасний моніторинг рівня рідини є критично важливим для запобігання таких інцидентів.

–Економічна ефективність: Автоматизація процесу контролю рівня рідини дозволяє знизити витрати на обслуговування резервуарів і зменшити людський фактор, який може призвести до помилок. Це сприяє підвищенню продуктивності та зменшенню втрат через можливі аварійні зупинки виробництва.

–Технологічний розвиток: Сучасні технології дозволяють створювати високоточні та надійні системи вимірювання, що працюють в реальному часі і можуть інтегруватися з іншими системами автоматизації на підприємстві. Це відкриває нові можливості для оптимізації виробничих процесів і підвищення їх ефективності.

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Док.
						12
Зм.	Док.	№ докum.	Підпис	Дат		

–Регуляторні вимоги: Багато країн мають суворі норми і стандарти щодо безпеки на хімічних підприємствах. Впровадження комп'ютеризованих систем контролю рівня рідин допомагає підприємствам відповідати цим вимогам, уникати штрафів та інших санкцій.

–Екологічні аспекти: Правильний контроль рівня рідин сприяє запобіганню витокам небезпечних речовин у навколишнє середовище, що важливо для захисту екології та забезпечення стійкого розвитку.

Сучасні комп'ютеризовані системи для вимірювання рівня рідини забезпечують постійний моніторинг у режимі реального часу, автоматизують процеси керування, зменшують вплив людського фактора і підвищують загальну ефективність виробництва. Це особливо важливо в хімічному виробництві, де точність і надійність вимірювань мають критичне значення для безпеки і якості продукції.

Конкретні системи

Siemens SITRANS LUT400

Siemens SITRANS LUT400 [1] є однією з найпопулярніших систем для вимірювання рівня рідини, яка використовує ультразвукову технологію для безконтактного вимірювання. Вона забезпечує високу точність вимірювань (до $\pm 0.1\%$), широкий діапазон вимірювань (до 10 метрів) і здатність працювати в агресивних хімічних середовищах .

Переваги:

- Висока точність вимірювань.
- Широкий діапазон вимірювань.
- Стійкість до агресивних хімічних середовищ.

Недоліки:

- Висока вартість.
- Необхідність регулярного калібрування.

Endress+Hauser Prosonic

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Endress+Hauser Prosonic [2] також використовує ультразвукову технологію для вимірювання рівня рідини. Ця система має високу точність та надійність, а також може працювати в складних умовах, включаючи високі температури та агресивні хімічні середовища.

Переваги:

- Простота встановлення та налаштування.
- Висока точність і надійність.
- Інтеграція з іншими системами автоматизації.

Недоліки:

- Висока ціна.
- Обмежений діапазон вимірювань у деяких моделях.

VEGA VEGAPULS

VEGA VEGAPULS [3] використовує радарну технологію для вимірювання рівня рідини. Ця система є надзвичайно точною та надійною, здатною працювати в екстремальних умовах, включаючи високі температури та тиск.

Переваги:

- Висока точність (до $\pm 0.1\%$).
- Можливість вимірювання рівня через тверді перешкоди.
- Інтеграція з системами автоматизації.

Недоліки:

- Складність налаштування.
- Висока вартість.

2.1. Методи вимірювання рівня рідини

Методи вимірювання рівня рідини є важливими у багатьох галузях промисловості, включаючи хімічну, нафтохімічну, харчову промисловість, енергетику та багато інших. Існує кілька основних методів вимірювання рівня рідини, кожен з яких має свої переваги та недоліки.

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Док.
						14
Зм.	Док.	№ докum.	Підпис	Дат		

Контактні методи вимірювання рівня рідини включають поплавкові, гідростатичні та ємнісні датчики. Поплавкові датчики використовують поплавки, що плаває на поверхні рідини, і переміщається в залежності від рівня рідини. Ці датчики є простими і надійними, але можуть не працювати у середовищах з високою турбулентністю або наявністю твердих частинок.

Гідростатичні датчики вимірюють тиск рідини на дні резервуара, який пропорційний висоті стовпа рідини. Вони добре підходять для вимірювання рівня в закритих резервуарах і при високому тиску, але можуть бути чутливими до змін густини рідини. Ємнісні датчики вимірюють зміну електричної ємності між електродами, зануреними у рідину, і можуть використовуватися для вимірювання рівня різних рідин і сипучих матеріалів. Вони надійні, але можуть вимагати калібрування для різних середовищ.

Безконтактні методи включають ультразвукові, радарні та оптичні датчики. Ультразвукові датчики використовують звукові хвилі, які відбиваються від поверхні рідини, і вимірюють час, необхідний для повернення сигналу. Цей метод є дуже точним і може використовуватися у відкритих та закритих резервуарах, але може бути чутливим до змін температури і тиску. Радарні датчики працюють за схожим принципом, використовуючи радіохвилі. Вони можуть працювати в умовах високого тиску і температури, а також у корозійних середовищах, але є дорогими у порівнянні з іншими методами.

Оптичні датчики використовують світлові промені, які проходять через рідину, і вимірюють зміну інтенсивності світла. Вони підходять для вимірювання прозорих рідин, але можуть бути чутливими до забруднень і осадів.

Кожен з цих методів має свої специфічні області застосування і вибір відповідного методу залежить від конкретних умов експлуатації, типу рідини, вимог до точності вимірювання та інших факторів. Наприклад, для хімічної промисловості часто обирають радарні або ультразвукові датчики, оскільки вони можуть працювати у агресивних середовищах і забезпечують високу точність вимірювання.

					<i>МММТ 480.011.013- ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						15
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		

2.2.Контактні методи вимірювання

Контактні методи вимірювання рівня рідини включають кілька основних технологій, таких як поплавкові, гідростатичні та ємнісні датчики. Поплавкові датчики є одними з найпростіших і найбільш розповсюджених. Вони працюють завдяки поплавку, який плаває на поверхні рідини і переміщається в залежності від зміни рівня рідини в резервуарі. Цей рух передається на механізм, який визначає точний рівень рідини. Ці датчики є надійними і дешевими, але можуть не працювати в умовах високої турбулентності або при наявності твердих частинок у рідині.

Гідростатичні датчики вимірюють рівень рідини за допомогою вимірювання тиску, який створюється стовпом рідини на дні резервуара. Вони використовуються в закритих резервуарах і можуть працювати під високим тиском. Основною перевагою гідростатичних датчиків є їх точність та здатність працювати у важких умовах. Однак, вони можуть бути чутливими до змін густини рідини, що може впливати на точність вимірювань.

Ємнісні датчики працюють на основі вимірювання зміни електричної ємності між двома електродами, які занурені в рідину. Ця зміна залежить від рівня рідини і дозволяє точно визначити його. Ємнісні датчики є універсальними і можуть використовуватися для вимірювання рівня не тільки рідин, але і сипучих матеріалів. Вони надійні та мають високу точність, але можуть вимагати калібрування для різних середовищ, що може бути складним у деяких випадках.

Таким чином, контактні методи вимірювання рівня рідини забезпечують надійні та точні результати у різних умовах експлуатації. Вибір конкретного методу залежить від специфіки застосування, умов експлуатації та вимог до точності вимірювання. Поплавкові датчики підходять для простих та економічних рішень, гідростатичні – для вимірювань у закритих резервуарах під високим тиском, а ємнісні датчики забезпечують високу точність і універсальність у використанні.

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Дрк.
						16
Зм.	Дрк.	№ докum.	Підпис	Дат		

2.3.Безконтактні методи вимірювання

Безконтактні методи вимірювання рівня рідини включають ультразвукові, радарні та оптичні датчики. Ультразвукові датчики використовують звукові хвилі для вимірювання рівня рідини. Принцип роботи полягає в тому, що датчик випускає звукову хвилю, яка відбивається від поверхні рідини і повертається до датчика. Час, за який хвиля повертається, дозволяє визначити відстань до поверхні рідини і, відповідно, її рівень. Ультразвукові датчики є дуже точними та можуть використовуватися як у відкритих, так і в закритих резервуарах. Однак, вони можуть бути чутливими до змін температури і тиску, а також до наявності піни або інших перешкод на поверхні рідини.

Радарні датчики працюють за схожим принципом, але замість звукових хвиль використовують радіохвилі. Ці датчики випускають радіохвилі, які відбиваються від поверхні рідини і повертаються до датчика. Радарні датчики можуть працювати в умовах високого тиску і температури, а також у корозійних середовищах, що робить їх дуже надійними для використання в хімічній промисловості. Вони менш чутливі до змін температури та наявності піни порівняно з ультразвуковими датчиками, але є дорожчими.

Оптичні датчики використовують світлові промені для вимірювання рівня рідини. Принцип роботи полягає в тому, що світловий промінь проходить через рідину і відбивається назад до датчика. Зміна інтенсивності світла, яке повертається до датчика, дозволяє визначити рівень рідини. Оптичні датчики є дуже точними і швидкодіючими, але можуть бути чутливими до забруднень і осадів на поверхні або стінках резервуара, що може впливати на точність вимірювань.

Кожен з цих безконтактних методів має свої специфічні переваги та недоліки, що робить їх більш або менш підходящими для різних застосувань. Ультразвукові датчики підходять для широкого спектра застосувань завдяки своїй універсальності і точності. Радарні датчики є оптимальним вибором для важких умов експлуатації, таких як високі температури, тиск і агресивні середовища. Оптичні датчики забезпечують високу точність для чистих і

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Док.
						17
Зм.	Док.	№ док.	Підпис	Дат		

прозорих рідин, але можуть вимагати частого обслуговування для забезпечення стабільної роботи.

2.4. Аналіз існуючих технічних рішень

Аналіз існуючих технічних рішень для вимірювання рівня рідини показує, що на ринку існує велика кількість різноманітних датчиків, які використовують різні технології для вимірювання.

Ультразвукові датчики є одними з найбільш популярних через свою універсальність і високу точність. Вони можуть працювати як у відкритих, так і у закритих резервуарах, але мають деякі обмеження, такі як чутливість до температурних змін та наявність піни на поверхні рідини.

Радарні датчики також отримали широке застосування, особливо у важких умовах експлуатації, таких як високі температури, високий тиск і агресивні середовища. Вони менш чутливі до перешкод, ніж ультразвукові датчики, але їх вартість є вищою, що може бути обмежуючим фактором для деяких підприємств.

Ємнісні датчики знаходять своє застосування в ситуаціях, де необхідно вимірювати рівень рідин з різними електричними властивостями. Вони надійні і точні, але можуть вимагати калібрування для кожного конкретного типу рідини, що може збільшувати складність їх використання. Гідростатичні датчики використовуються для вимірювання рівня рідини у закритих резервуарах і є досить точними, але можуть бути чутливими до змін густини рідини, що може впливати на точність вимірювань.

Поплавкові датчики є найпростішими і найдешевшими у використанні, але вони можуть бути неефективними в умовах високої турбулентності або наявності твердих частинок у рідині. Їх основною перевагою є низька вартість і простота конструкції, що робить їх доступними для широкого спектра застосувань.

Таким чином, вибір конкретного технічного рішення для вимірювання рівня рідини залежить від умов експлуатації, вимог до точності вимірювань та економічних обмежень. Кожна технологія має свої сильні і слабкі сторони, і

					<i>МММТ 480.011.013- ПЗ</i>	<i>Док.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Док.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		<i>18</i>

жодне рішення не є універсальним для всіх випадків. Важливо враховувати специфіку застосування та обирати датчик, який найкраще відповідає потребам конкретного процесу.

Аналоги вимірювання рівня рідини

Ультразвукові системи

Принцип роботи: Ультразвукові датчики вимірюють рівень рідини за допомогою звукових хвиль, які відбиваються від поверхні рідини і повертаються до приймача. Час, за який хвиля повертається, використовується для обчислення відстані до поверхні рідини.

Приклад: Siemens SITRANS LUT400 (Рис. 1) – це ультразвуковий датчик, призначений для вимірювання рівня рідини у резервуарах. Він має високу точність та надійність, можливість безконтактного вимірювання, підходить для різних типів рідин.



Рис. 1. Siemens SITRANS LUT400

Переваги:

1. Висока точність і надійність
2. Безконтактне вимірювання
3. Простота встановлення та обслуговування

Недоліки:

1. Чутливість до змін температури і тиску

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		19

2. Можливість помилок при наявності пари або піни на поверхні рідини

Радіолокаційні (радарні) системи

Принцип роботи: Радіолокаційні датчики використовують радіохвилі, які відбиваються від поверхні рідини і повертаються до приймача. Час відбиття хвиль використовується для визначення рівня рідини. [4]

Приклад: Endress+Hauser Micropilot FMR50 (Рис. 2) – це радіолокаційний датчик, який забезпечує високу точність вимірювання незалежно від умов середовища (температура, тиск, вологість).



Рис. 2. Endress+Hauser Micropilot FMR50

Переваги:

1. Висока точність і надійність
2. Незалежність від умов середовища
3. Відсутність контакту з рідиною

Недоліки:

1. Висока вартість обладнання
2. Складність встановлення та налаштування

Ємнісні системи

Принцип роботи: Ємнісні датчики вимірюють рівень рідини на основі зміни ємності між датчиком і рідиною. Зміна ємності використовується для визначення рівня рідини.[5]

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Приклад: VEGA VEGACAP 64 (Рис 3.)– ємнісний датчик, призначений для вимірювання рівня провідних рідин.



Рис. 3. VEGA VEGACAP 64

Переваги:

1. Висока точність для провідних рідин
2. Низька вартість

Недоліки:

1. Менша точність для непровідних або агресивних рідин
2. Потреба в регулярному обслуговуванні та очищенні електродів

Поплавкові датчики

Принцип роботи: Поплавкові датчики використовують поплавок, який піднімається або опускається разом з рівнем рідини. Положення поплавка передається до датчика, який визначає рівень рідини. [6]

Приклад: Kobold NML-310 (Рис.4) – поплавковий датчик для вимірювання рівня рідини.

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		



Рис.4. Kobold NML-310

Переваги:

1. Простота конструкції і використання
2. Низька вартість

Недоліки:

1. Обмежена точність
2. Потреба в контакті з рідиною
3. Можливість засмічення або корозії

Оптичні системи

Принцип роботи: Оптичні датчики використовують світлові промені для визначення рівня рідини. Світловий промінь відбивається від поверхні рідини і повертається до датчика, який визначає рівень рідини за допомогою часу відбиття.[7]

Приклад: Baumer FFDK 16 (Рис 5.)– оптичний датчик, призначений для вимірювання рівня прозорих рідин.

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		



Рис. 5. Baumer FFDK 16

Переваги:

1. Висока точність для чистих і прозорих рідин
2. Можливість безконтактного вимірювання

Недоліки:

3. Чутливість до прозорості рідини
4. Обмежене застосування в умовах високої забрудненості або кольорових рідин
5. Висока вартість [8]

Висновок

Після аналізу сучасних методів вимірювання рівня рідини було встановлено, що для нашої комп'ютеризованої системи найоптимальнішим є використання ультразвукових датчиків рівня. Ультразвукові датчики забезпечують високу точність вимірювання, надійність та довговічність в умовах хімічного виробництва.

Обране обладнання для системи включає наступні компоненти:

Ультразвуковий датчик рівня рідини: Модель HC-SR04

Мікроконтролер: Модель Atmega328

Датчик температури: Модель DHT22

Дисплей: Модель LCD 16x2

Сигналізація: Зумер

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

3.РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

Система виконує кілька важливих функцій, спрямованих на забезпечення точного і надійного моніторингу рівня рідини. Ці функції включають:

Безперервне вимірювання рівня рідини: Система повинна забезпечувати постійне, точне та надійне вимірювання рівня рідини в резервуарах. Це дозволяє оперативно реагувати на зміни рівня та уникати можливих аварійних ситуацій.

Обробка і збереження даних: Зібрані дані повинні бути оброблені, збережені та доступні для подальшого аналізу. Це включає в себе зберігання історичних даних про рівень рідини для відстеження тенденцій та оцінки ефективності роботи системи.

Сигналізація та оповіщення: Система повинна мати функції сигналізації та оповіщення, які інформують операторів про критичні зміни рівня рідини або про несправності в роботі обладнання. Це забезпечує своєчасне реагування на потенційно небезпечні ситуації.

Інтерфейс користувача: Система повинна мати зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача для перегляду поточних та історичних даних, налаштування параметрів та управління системою. Це може включати в себе графічні інтерфейси на моніторах або дисплеях.

Інтеграція з іншими системами: Система повинна бути здатна інтегруватися з іншими системами автоматизації виробництва для забезпечення комплексного контролю та управління виробничими процесами.

3.1.Обґрунтування складових системи

Обґрунтування складових системи

Для реалізації зазначених функцій, система повинна складатися з наступних основних компонентів:

Мікроконтролер: Вибір мікроконтролера є критичним для забезпечення стабільної роботи системи. Мікроконтролер відповідає за збір даних з

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

датчиків, обробку інформації, керування сигналізацією та взаємодію з інтерфейсом користувача.

Датчики рівня рідини: Вибір датчиків залежить від умов експлуатації, точності вимірювань та хімічної стійкості. Ультразвукові датчики можуть бути використані для забезпечення вимірювань у складних умовах хімічного виробництва.

Джерело живлення: Система потребує стабільного джерела живлення. Використання джерела живлення на 3.3V є оптимальним для більшості сучасних мікроконтролерів та датчиків.

Дисплей: Для відображення поточних та історичних даних про рівень рідини використовується дисплей, наприклад, LCD. Це дозволяє операторам легко контролювати стан системи.

Резистори, конденсатори та з'єднувальні дроти: Ці компоненти забезпечують коректну роботу електричних ланцюгів, стабілізацію сигналів та з'єднання між різними частинами системи.

Функції системи

Безперервне вимірювання рівня рідини: Система повинна постійно контролювати рівень рідини в резервуарі та забезпечувати точні дані про його зміну.

Сигналізація та оповіщення: Система повинна мати можливість повідомляти про критичні зміни рівня рідини або несправності.

Інтерфейс користувача: Надає зручний спосіб взаємодії з системою, включаючи перегляд даних, налаштування та управління.

Складові системи:

- Мікроконтролер
- Датчики рівня рідини
- Ультразвуковий датчик
- Джерело живлення
- Дисплей
- Активний зумер

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

- Кнопка
- Перетворювач напруги
- З'єднувальні дроти
- Резистори та конденсатори

3.2. Обґрунтування вибору мікроконтролера

Обґрунтування вибору мікроконтролера полягає у визначенні, який саме мікроконтролер найкраще відповідає потребам конкретного проекту. Вибір мікроконтролера залежить від декількох ключових факторів. По-перше, необхідно враховувати вимоги до обчислювальної потужності. Наприклад, для простих завдань, таких як керування світлодіодами або читання показників датчиків, може бути достатньо 8-бітного мікроконтролера. Для складніших завдань, що потребують значних обчислювальних ресурсів, таких як обробка сигналів або підключення до інтернету, потрібен 32-бітний мікроконтролер.

Другим важливим аспектом є обсяг пам'яті. Обсяг оперативної та флеш-пам'яті має бути достатнім для зберігання програмного коду і обробки даних. Наприклад, для невеликих проектів достатньо мікроконтролера з кількома кілобайтами пам'яті, тоді як для складніших систем може знадобитися десятки або сотні кілобайт.

Енергоспоживання також грає важливу роль, особливо для пристроїв, що працюють від батарей. Мікроконтролери з низьким енергоспоживанням дозволяють продовжити час автономної роботи пристрою.

Ціна мікроконтролера також є важливим критерієм вибору. Вартість повинна відповідати бюджету проекту. Існують різні моделі мікроконтролерів в різних цінових категоріях, що дозволяє знайти оптимальний варіант без зайвих витрат. Крім того, слід враховувати наявність і доступність інструментів розробки, таких як середовища програмування, симулятори та відладчики, які значно полегшують процес розробки і налагодження.

В підсумку, вибір мікроконтролера є багатофакторним процесом, що включає врахування технічних характеристик, енергоспоживання, вартості та

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

доступності інструментів розробки, щоб забезпечити оптимальне співвідношення між функціональністю, продуктивністю та вартістю проекту.

Вимоги до обчислювальної потужності.

Вимоги до обчислювальної потужності у різних системах залежать від специфіки задач, які повинні виконувати ці системи. Наприклад, у промислових інформаційно-вимірювальних системах, що використовуються для визначення рівня рідини в резервуарах, обчислювальна потужність мікроконтролера повинна бути достатньою для обробки сигналів від датчиків, виконання розрахунків і керування виконавчими механізмами. Такі системи повинні працювати в режимі реального часу, що вимагає від мікроконтролера швидкого оброблення даних і низької затримки.

Високопродуктивні обчислювальні системи, такі як сервери для баз даних чи наукові суперкомп'ютери, потребують великої обчислювальної потужності для обробки великих обсягів даних і виконання складних алгоритмів. Це досягається за рахунок багатоядерних процесорів з високою тактовою частотою та великою оперативною пам'яттю. Наприклад, сервери використовують багатоядерні процесори з десятками ядер, що дозволяє паралельно обробляти багато запитів і виконувати складні обчислення.

Для мобільних пристроїв, таких як смартфони і планшети, обчислювальна потужність також має велике значення, але з урахуванням енергоспоживання. Процесори для мобільних пристроїв розробляються з акцентом на енергоефективність, щоб забезпечити довгу тривалість роботи від батареї при високій продуктивності. Оптимізація програмного забезпечення і використання спеціалізованих обчислювальних блоків, таких як графічні процесори (GPU) та нейронні процесори (NPU), дозволяють досягти високої продуктивності при зниженому споживанні енергії.

Отже, вимоги до обчислювальної потужності залежать від конкретних завдань та умов експлуатації системи. При виборі апаратного забезпечення важливо враховувати не тільки потужність процесора, але й інші параметри,

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

такі як обсяг оперативної пам'яті, тип та швидкість накопичувачів, а також загальну архітектуру системи.

Огляд популярних моделей.

Огляд популярних моделей мікроконтролерів почнемо з Arduino Uno R3. Ця модель дуже популярна серед початківців завдяки простоті використання та широкій підтримці в спільноті. Вона побудована на базі мікроконтролера ATmega328 і має 14 цифрових входів/виходів, 6 аналогових входів, 16 МГц кварцовий осцилятор, USB-з'єднання, роз'єм живлення та кнопку скидання. Arduino Uno ідеально підходить для навчальних проектів та прототипування.

Іншою популярною моделлю є Raspberry Pi Pico, яка використовує власний мікроконтролер RP2040. Вона має двоядерний процесор ARM Cortex-M0+ з тактовою частотою до 133 МГц, 264 КБ SRAM та підтримку USB. Завдяки своїй високій продуктивності та низькій ціні Raspberry Pi Pico стала популярною для створення складних проектів, що потребують великої обчислювальної потужності.

ESP8266 та ESP32 від компанії Espressif також дуже популярні, особливо для проектів Інтернету речей (IoT). ESP8266 має вбудований Wi-Fi модуль, що дозволяє легко підключати пристрої до мережі, а ESP32 додатково підтримує Bluetooth. Вони мають багатофункціональні можливості, високу продуктивність і доступні за ціною, що робить їх відмінним вибором для IoT-проектів.

STM32 від STMicroelectronics є ще однією популярною серією мікроконтролерів. Ці мікроконтролери побудовані на базі ядра ARM Cortex і пропонують широкий спектр можливостей від простих 32-бітних моделей до високопродуктивних багатоядерних систем. Завдяки високій надійності та продуктивності, STM32 використовується в промислових та комерційних проектах.

PIC мікроконтролери від Microchip також займають важливе місце на ринку завдяки своїй надійності та багатофункціональності. Вони використовуються в широкому спектрі застосувань, від простих побутових приладів до складних

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Дрк.
						28
Зм.	Дрк.	№ докum.	Підпис	Дат		

промислових систем. PIC мікроконтролери відомі своєю енергоефективністю та довгим життєвим циклом продуктів.

Таким чином, популярні моделі мікроконтролерів варіюються за своїми характеристиками, від простих і доступних для новачків до високопродуктивних для професійного використання. Вибір моделі залежить від конкретних вимог проекту та технічних характеристик, які необхідні для виконання завдань.

Для системи було обрано Мікроконтролер Atmega328 (Рис. 6) через наступні причини:



Рис. 6. Мікроконтролер Atmega328

–Простота використання: Arduino Nano має велику кількість готових бібліотек і прикладів, що значно спрощує розробку і налагодження системи.

–Достатня продуктивність: Чіп Atmega328 має достатню продуктивність для обробки даних з датчиків та управління індикацією.

–Компактні розміри: Малий розмір Arduino Nano дозволяє інтегрувати його в компактні пристрої, що є важливим у промислових умовах.

–Широкий набір інтерфейсів: Наявність достатньої кількості GPIO, а також підтримка UART, SPI та I2C забезпечує гнучкість у підключенні різних датчиків і модулів.

–Енергоефективність: Низьке енергоспоживання важливо для стабільної роботи системи.

Технічні характеристики Atmega328 Arduino Nano:

–Процесорне ядро: AVR, частота до 16 МГц

–Пам'ять: 32 КБ флеш, 2 КБ SRAM, 1 КБ EEPROM

–Живлення: 5 В, споживання до 20 мА

–Інтерфейси: 1 UART, 1 SPI, 1 I2C, 14 GPIO

–Аналогові входи: 6 каналів 10-розрядного АЦП

–Таймери: 3 таймери (два 8-розрядних, один 16-розрядний)

Це робить Atmega328 ідеальним вибором для розробки системи вимірювання рівня рідини у резервуарах хімічного виробництва, забезпечуючи надійність, точність та зручність використання.

3.3. Обґрунтування вибору датчиків рівня рідини

Для мікроконтролера ATmega328 можна використовувати різні датчики рівня рідини. Приклади деяких популярних датчиків, які можна легко інтегрувати з цим мікроконтролером:

Ультразвуковий датчик HC-SR04

Ультразвуковий датчик HC-SR04 використовується для вимірювання відстані до поверхні рідини. Він працює шляхом випромінювання звукових хвиль, які відбиваються від поверхні рідини і повертаються до датчика. Час повернення сигналу використовується для обчислення відстані, що дозволяє визначити рівень рідини. Цей датчик є дуже популярним завдяки своїй доступності та простоті використання з мікроконтролерами, такими як ATmega328.

Ємнісний датчик SEN-00087 Ємнісний датчик рівня рідини SEN-00087 працює на основі зміни електричної ємності між двома електродами при зміні рівня рідини. Цей датчик може бути використаний для вимірювання рівня різних рідин, включаючи агресивні або хімічно активні рідини. Він легко інтегрується з мікроконтролером ATmega328 через аналоговий вхід.

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

Гідростатичний датчик MS5540C Гідростатичний датчик MS5540C вимірює тиск рідини на дні резервуара, що дозволяє обчислити рівень рідини. Він має високу точність і надійність, а також може використовуватися в умовах високого тиску. Цей датчик підключається до мікроконтролера ATmega328 через інтерфейс SPI.

Радарний датчик LTR390UV Радарний датчик LTR390UV використовує радіохвилі для вимірювання рівня рідини. Він менш чутливий до змін температури і тиску, що робить його надійним у важких умовах експлуатації. Цей датчик може підключатися до мікроконтролера ATmega328 через I2C інтерфейс.

Поплавковий датчик WCS1800 Поплавковий датчик WCS1800 є простим і надійним рішенням для вимірювання рівня рідини. Він складається з поплавка, який піднімається або опускається в залежності від рівня рідини. Зміна положення поплавка фіксується механічним або магнітним сенсором, який передає сигнал до мікроконтролера. Цей датчик підключається до цифрового входу мікроконтролера ATmega328.

Аргументи на користь вибору ультразвукового датчика HC-SR04 (Рис.7)



Рис. 7. Ультразвуковий датчик HC-SR04

Переваги використання HC-SR04

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		31

1. Висока точність: Датчик має точність вимірювання до 3 мм, що дозволяє точно вимірювати рівень рідини.
2. Широкий діапазон вимірювання: Датчик може вимірювати відстань від 2 см до 400 см, що робить його придатним для різних розмірів резервуарів.
3. Простота інтеграції: HC-SR04 легко підключити до мікроконтролера, такого як Arduino Nano, з використанням простих цифрових сигналів.
4. Низька вартість: Датчик є недорогим рішенням для вимірювання рівня рідини.
5. Незалежність від прозорості рідини: На відміну від оптичних датчиків, ультразвуковий датчик не залежить від прозорості рідини.

Сумісність та простота інтеграції:

- Просте підключення: HC-SR04 має чотири основні піни (VCC, Trig, Echo, GND), які легко підключаються до Atmega328.
- Підтримка бібліотек: Існує багато готових бібліотек для роботи з HC-SR04 на платформі Arduino, що полегшує розробку програмного забезпечення.
- Висока точність та стабільність вимірювань:
- Точність: HC-SR04 забезпечує точність вимірювання до ± 3 мм, що є достатнім для більшості промислових застосувань.
- Діапазон вимірювання: Датчик здатний вимірювати відстані в діапазоні від 2 см до 4 м, що дозволяє використовувати його для різних розмірів резервуарів.
- Надійність та довговічність:
- Міцна конструкція: HC-SR04 має міцну конструкцію, яка дозволяє використовувати його в промислових умовах з високим рівнем вібрацій та впливом інших факторів.
- Безконтактне вимірювання: Використання ультразвукових хвиль забезпечує безконтактне вимірювання рівня рідини, що зменшує ризик зношування датчика.
- Економічність:

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

–Низька вартість: HC-SR04 є одним з найбільш економічних датчиків для вимірювання відстані, що робить його привабливим варіантом для масового використання.

–Низьке енергоспоживання: Датчик споживає мало енергії, що є важливим для систем з автономним живленням.

–Підтримка різних середовищ:

–Стійкість до зовнішніх умов: HC-SR04 стійкий до пилу та вологи, що дозволяє використовувати його в умовах підвищеної забрудненості та вологості.

Технічні характеристики ультразвукового датчика HC-SR04

1. Діапазон вимірювання: 2 см - 400 см
2. Точність: ± 3 мм
3. Робоча напруга: 5 В
4. Робочий струм: 15 мА
5. Частота ультразвуку: 40 кГц
6. Ширина імпульсу сигналу Trigger: 10 мкс
7. Час відгуку: < 1 с
8. Вихідний сигнал Echo: TTL рівень, пропорційний відстані

3.4. Обґрунтування вибору звукового модуля

Для звукової індикації у системах контролю рівня рідини часто використовують прості звукові модулі, такі як пьезодинаміки або активні зумери. Один з популярних варіантів – це активний зумер (Рис.8).

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		



Рис.8 Активний зумер

Аргументи на користь вибору активного зумера

Переваги активного зумера

1. Простота використання: Для активації зумера достатньо подати живлення. Не потребує зовнішніх генераторів сигналу.
2. Сумісність з Arduino: Легко інтегрується з мікроконтролером Atmega328 на платформі Arduino. Може підключатися до будь-якого цифрового піну.
3. Низьке енергоспоживання: Активний зумер споживає дуже мало енергії, що є важливим для автономних систем.
4. Доступність: Активні зумери є недорогими і широко доступними на ринку.

Підключення активного зумера до Arduino Nano

Схема підключення дуже проста:

- VCC зумера підключається до 5V на платі Arduino Nano.
- GND зумера підключається до GND на платі Arduino Nano.
- SIGNAL зумера підключається до будь-якого цифрового піну Arduino Nano (наприклад, D9).

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

3.5. Обґрунтування вибору індикації

Аргументи на користь вибору індикаційного модуля на основі LCD-дисплея 16x2

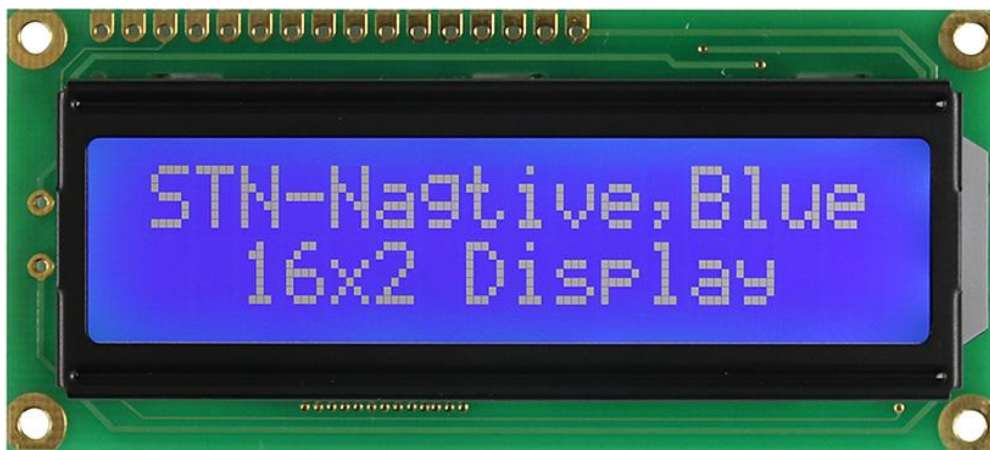


Рис. 9 LCD-дисплей 16x2

Чіткість та зручність відображення інформації LCD-дисплей 16x2 (Рис. 9) дозволяє чітко і зрозуміло відображати текстову інформацію на двох рядках по 16 символів. Це забезпечує легке сприйняття інформації про рівень рідини та інші параметри системи.

Підсвітка дисплея Наявність підсвітки дозволяє використовувати дисплей у різних умовах освітлення, включаючи темні приміщення. Це важливо для виробничих умов, де рівень освітлення може змінюватися.

Простота інтеграції LCD-дисплей 16x2 легко інтегрується з мікроконтролером STM32 завдяки стандартним інтерфейсам, таким як I2C або паралельний інтерфейс. Це спрощує процес підключення і зменшує кількість необхідних з'єднань.

Економічність LCD-дисплеї 16x2 є відносно недорогими порівняно з іншими типами дисплеїв, такими як OLED або TFT. Це дозволяє знизити загальну вартість системи без втрати функціональності.

Надійність та довговічність LCD-дисплеї відомі своєю надійністю та довговічністю. Вони можуть працювати протягом тривалого часу без суттєвих

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		35

збоїв або необхідності заміни, що важливо для безперервної роботи у виробничих умовах .

Можливість відображення спеціальних символів Дисплей дозволяє відображати не тільки стандартні символи, але і спеціальні, що можуть бути створені користувачем. Це дає можливість адаптувати відображення під специфічні потреби системи.

Для управління системою використовуються тактові кнопки (Tactile Push Button) через їх простоту використання і надійність. Такі кнопки мають малий розмір і чітке тактильне відчуття при натисканні.

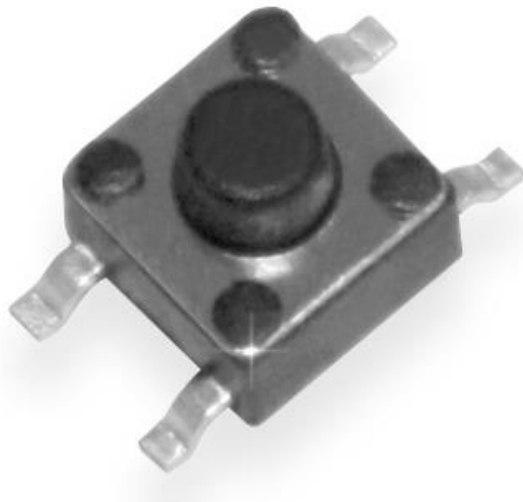


Рис. 10. Тактові кнопки (Tactile Push Button)

3.6. Розробка структурної схеми



Рис. 11. Структурна схема вимірювальної системи

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

4.1. Вибір мікроконтролера

Опис мікроконтролера Atmega328

Atmega328 - це 8-розрядний мікроконтролер, заснований на архітектурі AVR, широко використовується в проектах з мікроелектроніки, автоматизації та вбудованих систем. Це компактний і потужний модуль, який поєднує простоту використання з достатньою потужністю для більшості завдань, що робить його популярним вибором для хобістів і професійних розробників. Для роботи Atmega328 було обрано плату Arduino Nano

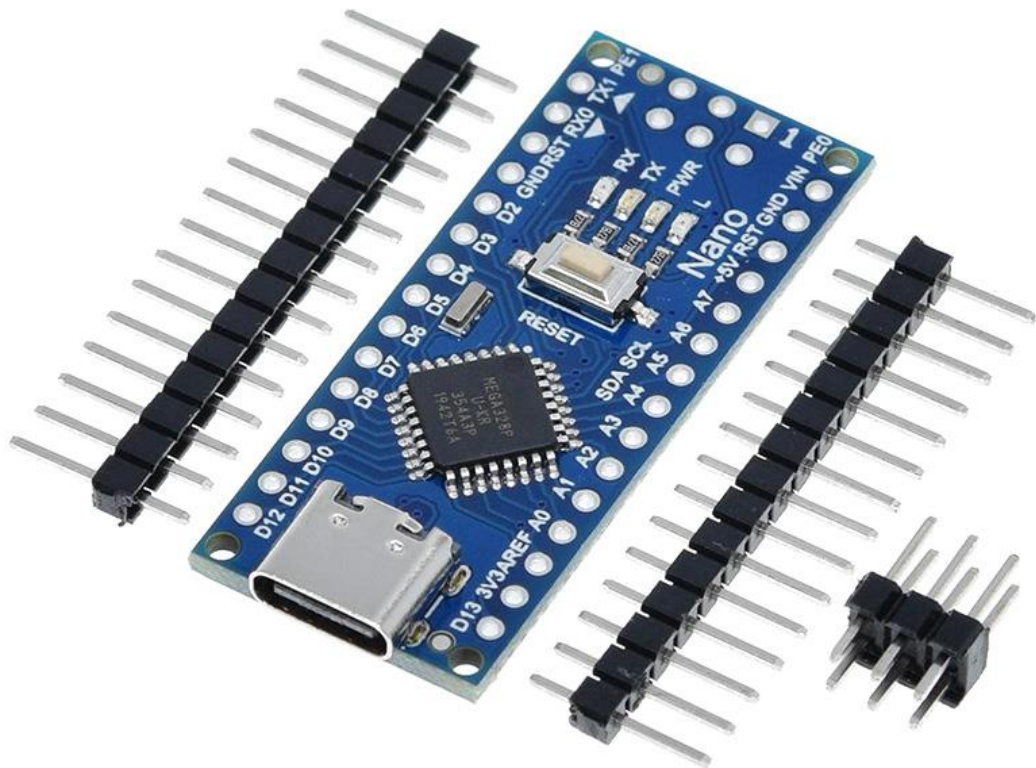


Рис.12. Мікроконтролер Atmega328 на платі Arduino Nano

Технічні характеристики Arduino Nano (Atmega328)

Процесорне ядро:

1. Ядро: AVR
2. Частота: до 16 МГц
3. Архітектура: RISC (Reduced Instruction Set Computing)

Пам'ять:

1. Вбудована флеш-пам'ять: 32 КБ

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		37

2. Оперативна пам'ять SRAM: 2 КБ

3. EEPROM: 1 КБ

Живлення:

1. Напруга живлення: 5 В (працює і від 7-12 В через роз'єм живлення)

2. Споживана потужність: до 20 мА (у режимі активності)

Інтерфейси:

1. UART: 1

2. SPI: 1

3. I2C: 1

4. GPIO: 14 (з них 6 підтримують PWM)

5. АЦП: 6 каналів 10-розрядного АЦП

Таймери:

1. Загальна кількість таймерів: 3 (два 8-розрядних, один 16-розрядний)

Аналогові периферійні пристрої:

1. 10-розрядний АЦП: 1 (6 каналів)

2. Аналогові компаратори: 1

Робочі умови:

1. Температурний діапазон: -40°C до +85°C

2. Корпус: TQFP-32

Інші функції:

1. Watchdog таймер

2. Програмування через ISP (In-System Programming)

4.2. Вибір датчиків рівня рідини

Опис датчика

HC-SR04 – це ультразвуковий датчик який може бути ефективно використаний для вимірювання рівня рідини в резервуарах. Цей датчик працює за принципом ехолокації: він випромінює ультразвукові хвилі і

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

вимірює час, за який хвилі відбиваються від об'єкта і повертаються назад до датчика.

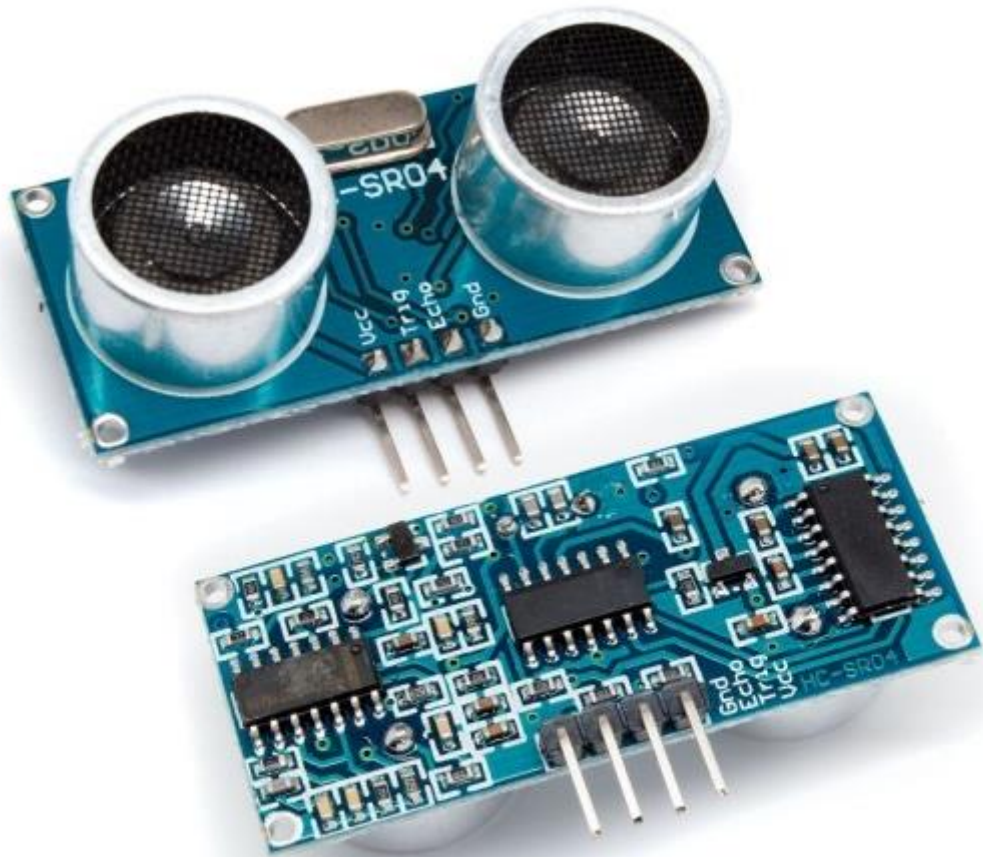


Рис. 13 Ультразвуковий датчик HC-SR04

Технічні характеристики HC-SR04

1. Робоча напруга: 5 В
2. Робочий струм: 15 мА
3. Кут огляду: Менше 15°
4. Діапазон вимірювання: 2 см - 400 см
5. Точність: ± 3 мм
6. Частота ультразвуку: 40 кГц
7. Інтерфейс: Два пін: Trigger (тригер) і Echo (відлуння)
8. Час затримки: 10 мкс (тригер) / 100 мс (відлуння)
9. Робоча температура: -15°C до +70°C

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		39

Підключення HC-SR04 до Arduino Nano

Схема підключення:

- VCC датчика підключається до 5V на платі Arduino Nano.
- GND датчика підключається до GND на платі Arduino Nano.
- Trig датчика підключається до будь-якого цифрового піну Arduino Nano (наприклад, D10).
- Echo датчика підключається до іншого цифрового піну Arduino Nano (наприклад, D11).

4.3. Вибір звукового модуля

Активний зумер

Активний зумер є електромеханічним пристроєм, який використовується для генерації звуку. Він має вбудований генератор сигналу, що дозволяє йому видавати звук при подачі на нього постійного струму. Це робить його зручним для використання з мікроконтролерами, такими як Arduino Nano, оскільки не потребує складного керування частотою сигналу.

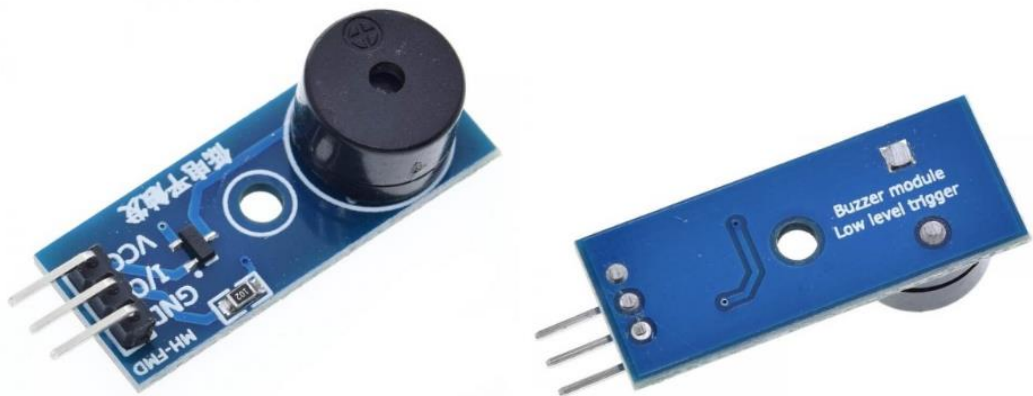


Рис.14 Активний зумер

Технічні характеристики активного зумера

Робоча напруга: 3.3 В – 5 В

Робочий струм: 10 мА – 30 мА

Частота: 2 кГц – 4 кГц

Гучність: 85 дБ – 95 дБ (на відстані 10 см)

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

Розміри: Діаметр близько 12 мм, висота близько 9 мм

Температурний діапазон: -20°C до +60°C

Тип: Активний (з вбудованим генератором сигналу)

Схема підключення активного зумера до Arduino Nano

Схема підключення:

Позитивний вивід (+) зумера підключається до цифрового піну Arduino Nano .

Негативний вивід (-) зумера підключається до GND на платі Arduino Nano.

4.4. Вибір кнопок та індикації

Для управління системою за допомогою мікроконтролера часто використовуються кнопки різних типів, включаючи тактові кнопки (Tactile Push Button) через їх простоту використання і надійність. Такі кнопки мають малий розмір і чітке тактильне відчуття при натисканні.

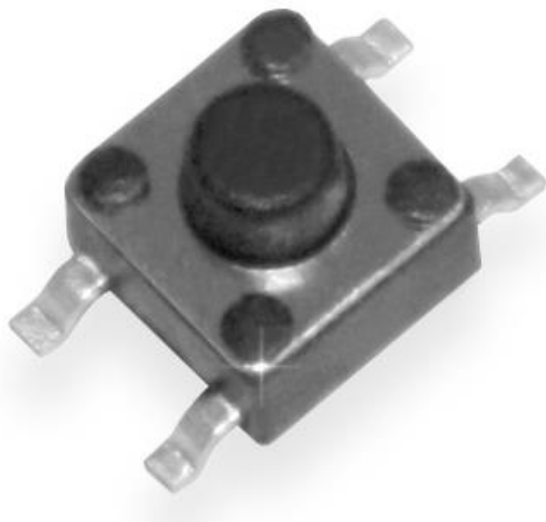


Рис. 15. Тактові кнопки (Tactile Push Button)

Основні технічні параметри для вибору кнопок:

- Розмір: 6 мм х 6 мм або 12 мм х 12 мм (залежно від вимог до простору і зручності).
- Номінальна напруга: 3.3V або 5V, сумісні з логічними рівнями STM32.

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

- Номінальний струм: до 50 мА, що забезпечує достатню надійність і довговічність.

Схема підключення кнопок

Для підключення кнопок до мікроконтролера STM32, використовується простий резистивний дільник для забезпечення стабільного сигналу. Кожна кнопка підключається до одного з цифрових входів мікроконтролера, а також через резистор до землі (GND) для утворення так званого "pull-down" контуру.

Схема підключення кнопок:

Живлення кнопки:

- Один контакт кнопки підключається до одного з цифрових входів мікроконтролера (наприклад, PA0).
- Інший контакт кнопки підключається до землі (GND) через резистор (наприклад, 10 кОм).

Програмування:

- У програмі необхідно налаштувати відповідний вхід як цифровий вхід з "pull-down" резистором.

Вибір індикаторів

Опис дисплея

LCD-дисплей 16x2 (16 символів на 2 рядки) – це широко використовуваний рідкокристалічний дисплей у різноманітних електронних проектах, що відображає текстову інформацію. Завдяки своїй простоті використання, невеликій вартості та широкій підтримці мікроконтролерами, він став стандартом у багатьох додатках для відображення інформації.

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дат		

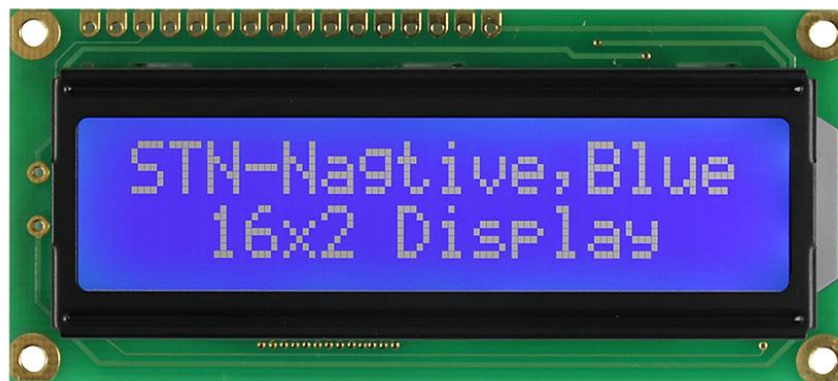


Рис. 16. LCD-дисплея 16x2

Технічні характеристики LCD-дисплея 16x2

Фізичні параметри

- Розміри дисплея: приблизно 80 мм x 36 мм.
- Розміри видимої області: приблизно 66 мм x 16 мм.
- Кількість символів: 16 символів на рядок, 2 рядки.

Електричні параметри

- Напруга живлення: 5 В постійного струму (DC).
- Споживаний струм: 1-2 мА (без підсвічування), до 30 мА (з підсвічуванням).
- Рівень логічного сигналу: TTL сумісний.

Інтерфейси

- Паралельний інтерфейс: 4-бітний або 8-бітний.
- Підключення: 16-контактний роз'єм (піновий роз'єм).

Функціональні можливості

- Контролер: HD44780 або сумісний.
- Підтримувані символи: Стандартні ASCII символи, можливість визначення користувацьких символів.
- Підсвічування: світлодіодне, зазвичай з синім або зеленим кольором фону.

Робочі умови

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		43

–Температурний діапазон: 0°C до +50°C.

–Вологість: до 90% (без конденсації).

Інші параметри

–Контраст: регульований потенціометром.

–Режими роботи: 8-бітний або 4-бітний режим для зменшення кількості використовуваних портів мікроконтролера.

4.5 Побудова принципової схеми

Принципова електрична схема (також відома як електрична схема або принципова схема) є графічним зображенням, що відображає структуру та зв'язки між електричними компонентами у пристрої або системі. Вона використовується для представлення принципової працездатності пристрою та передачі інформації про його функціональність, з'єднання та взаємодію компонентів.

Принципова електрична схема використовує стандартні символи та позначення для представлення різних електричних компонентів, таких як резистори, конденсатори, транзистори, інтегральні схеми та інші. Компоненти підключаються за допомогою ліній та з'єднувальних вузлів, які вказують напрямок потоку сигналу.

Принципова електрична схема допомагає інженерам та технікам розуміти та аналізувати принципову роботу пристрою, виявляти можливі проблеми та здійснювати моделювання імітаційних схем. Вона також використовується під час проектування, виробництва та обслуговування електронних пристроїв і систем.

Принципові електричні схеми можуть бути простими, якщо вони відображають окремі компоненти та їх підключення, або складними, якщо вони включають багато компонентів і зв'язків. Крім того, вони можуть бути статичними, показуючи стан пристрою в певний момент часу, або динамічними, відображаючи залежності між компонентами в часі.

Узагальнюючи, принципова електрична схема є важливим інструментом

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Дрк.
						44
Зм.	Дрк.	№ докum.	Підпис	Дат		

для розуміння, аналізу та проектування електричних пристроїв і систем, дозволяючи візуалізувати та передавати їх функціональність та зв'язки між компонентами.

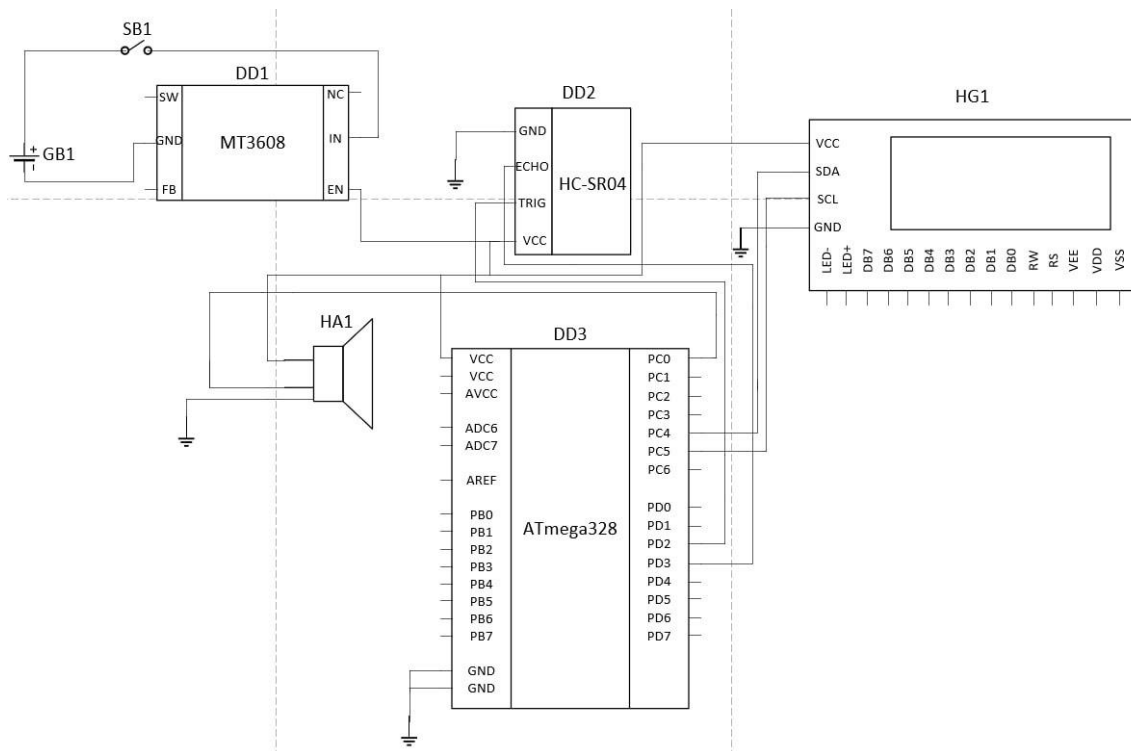


Рис.17 Принципова схема

Складові системи наступні:

- GB1 – літій-іонний акумулятор;
- SB1 – перемикач;
- DD1 – перетворювач напруги MT3608;
- HA1 – Активний зумер;
- DD2 – Ультразвуковий датчик HC-SR04;
- DD3 – мікроконтролер ATmega328;
- HG1 – LCD 16x2 дисплей;

5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ

5.1. Розробка алгоритму роботи системи

–Опис алгоритму роботи системи.

–Блок-схема основних функцій.

Розробка алгоритму роботи системи, основні кроки:

Ініціалізація системи:

–Встановлення початкових параметрів мікроконтролера Atmega328.

–Ініціалізація ультразвукового датчика HC-SR04

–Ініціалізація LCD-дисплея та активного зумера.

–Ініціалізація кнопок керування.

Зчитування даних з датчика:

Мікроконтролер відправляє імпульс тригера на ультразвуковий датчик HC-SR04 для запуску вимірювання. Датчик випромінює ультразвуковий сигнал і приймає його відбиття від поверхні рідини. Мікроконтролер вимірює час, який пройшов між відправкою і прийомом сигналу

Обробка даних:

Отриманий час перетворюється у відстань на основі швидкості звуку у повітрі. Розрахована відстань конвертується у рівень рідини у резервуарі.

Аналіз даних:

Розрахований рівень рідини порівнюється з заданими пороговими значеннями для визначення чи є рівень рідини у допустимих межах.

Відображення інформації:

Якщо рівень рідини знаходиться у межах норми, мікроконтролер виводить значення на дисплей. Якщо рівень рідини виходить за межі допустимих значень, активується звукове сповіщення зумера.

Циклічне повторення:

Алгоритм повторюється знову з періодичністю, визначеною у програмі

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

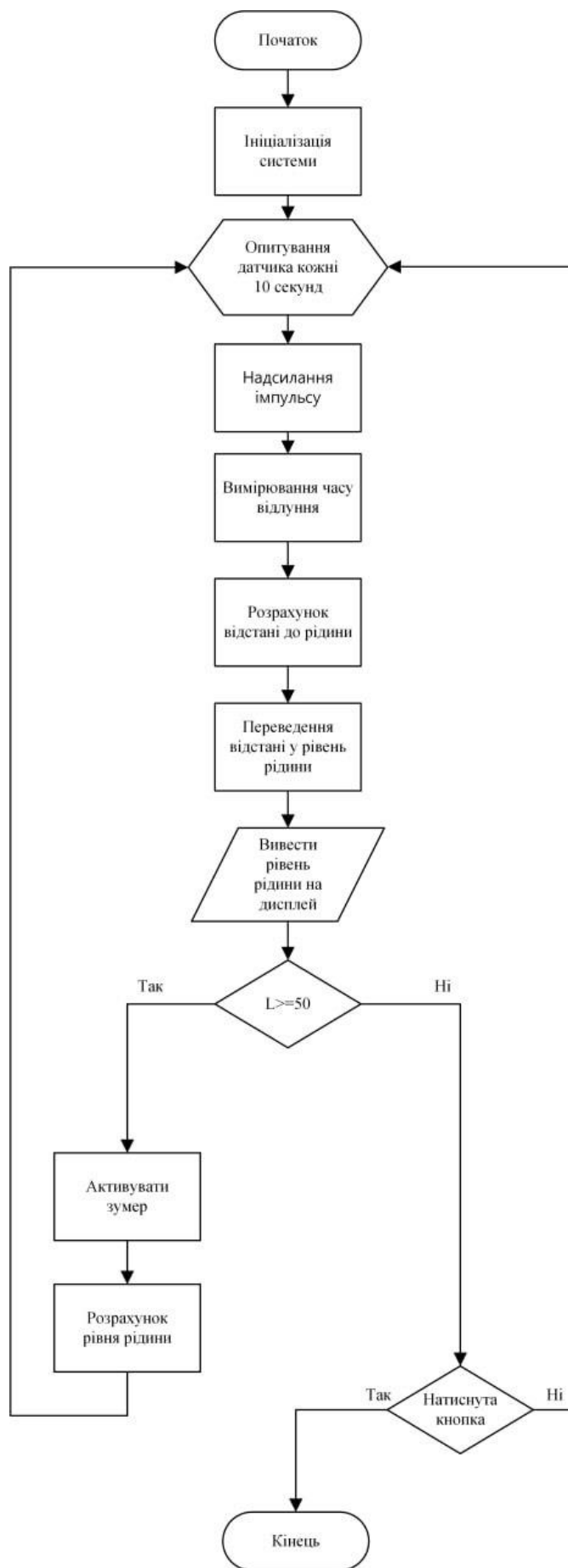


Рис. 18 Блок-схема основних функцій

5.2. Розробка програмного забезпечення

–Опис програмного забезпечення.

–Лістинг коду.

Опис програмного забезпечення

Програмне забезпечення для системи визначення рівня рідини розроблено для мікроконтролера Atmega328 на платформі Arduino Nano. Основні функції ПЗ включають ініціалізацію датчиків та дисплея, зчитування даних з ультразвукового датчика HC-SR04, обробку цих даних для визначення рівня рідини, відображення результатів на LCD-дисплеї та активацію звукового зумера при перевищенні критичного рівня рідини.

Програмне забезпечення складається з наступних модулів:

–Ініціалізація всіх підключених компонентів.

–Вимірювання часу відлуння ультразвукового датчика.

–Обчислення рівня рідини.

–Відображення даних на LCD-дисплеї.

–Активація зумера при критичному рівні рідини.

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Лістинг коду

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

// Піни підключення ультразвукового датчика
const int trigPin = 9;
const int echoPin = 10;

// Пін підключення зумера
const int buzzerPin = 8;

// Параметри дисплея
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

// Критичний рівень рідини (у см)
const int criticalLevel = 10;

void setup() {
    // Ініціалізація серійного зв'язку для налагодження
    Serial.begin(9600);

    // Ініціалізація пінів датчика і зумера
    pinMode(trigPin, OUTPUT);
    pinMode(echoPin, INPUT);
    pinMode(buzzerPin, OUTPUT);

    // Ініціалізація дисплея
    lcd.begin();
    lcd.backlight();
    lcd.print("Liquid Level");
}
```

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

```

void loop() {
    // Відправка ультразвукового імпульсу
    digitalWrite(trigPin, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(trigPin, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(trigPin, LOW);

    // Читання часу відлуння
    long duration = pulseIn(echoPin, HIGH);

    // Обчислення відстані до рідини
    int distance = duration * 0.034 / 2;

    // Виведення даних на дисплей
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Distance: ");
    lcd.print(distance);
    lcd.print(" cm ");

    // Перевірка критичного рівня
    if (distance < criticalLevel) {
        digitalWrite(buzzerPin, HIGH); // Активувати зумер
    } else {
        digitalWrite(buzzerPin, LOW); // Деактивувати зумер
    }

    // Затримка перед наступним циклом вимірювання
    delay(1000);
}

```

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

6. НАДІЙНОСТЬ СИСТЕМИ

6.1 Розрахунок надійності системи

При розрахунку надійності визначалися наступні кількісні показники:

1. Імовірність безвідмовної роботи за заданий час $P(t)$;
2. Параметр потоку відмовлень $\lambda(t)$;
3. Середній наробіток до відмовлення T_e .

Безвідмовність – властивість системи неперервно зберігати працездатність впродовж заданого інтервалу часу. Звичайно визначається імовірність безвідмовної роботи за даний інтервал часу, що вибирається рівним 500, 1000 чи 2000 годин.

Основним показником, що враховується при розрахунках надійності, є інтенсивність відмовлень $\lambda(t)$ – число відмовлень в одиницю часу, віднесене до числа елементів, що залишилися справними до початку даного інтервалу часу.

Розрахунок показників надійності проводився методом інтенсивностей відмовлень комплектуючих виробів (КВ) і поправочних коефіцієнтах, що враховують реальні режими і умови експлуатації виробу.

Виріб призначений для роботи в умовах помірного клімату:

- робочий діапазон температури від +2 до +55°C,
- конструктивно виконано для роботи без штучно регульованих кліматичних умов, вібростійкий.

Склад виробу – автоматизована система для контролю рівня рідини.

Критерієм відмовлення виробу вважається відмовлення будь-якої його складової частини (вузла), що приводить до порушення працездатності виробу і неможливості використання його за призначенням.

При розрахунку надійності були прийняті наступні допущення:

1. Відмовлення КВ є подіями випадковими і незалежними;
2. Відмовлення будь-якого КВ приводить до відмовлення виробу в цілому;
3. Інтенсивність відмовлень КВ протягом терміну їхньої служби в тих самих робочих режимах і умовах є постійною;

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

4. Закон розподілу в розрахунках безвідмовної роботи передбачається експоненціальним.

Розрахунок надійності спроектованого виробу проводиться у відповідності з електричною принциповою схемою виробу і з урахуванням заданих кліматичних категорій і виконання виробу.

Розрахунок параметра потоку відмовлень виробу проводиться за формулою:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n N_i \lambda_i$$

де n – загальне число груп КВ, що входять до складу спроектованого виробу;

N_i – кількість і інтенсивність відмовлень КВ i -ої групи відповідно.

Інтенсивність відмовлень КВ i -ої групи в робочому режимі визначалася за формулою:

$$\lambda_i = \lambda_{oi} a_1 a_2 \dots a_n$$

де λ_{oi} – інтенсивність відмовлень КВ в номінальному режимі і нормальних умовах; $a_1 a_2 \dots a_n$ – поправочні коефіцієнти, що враховують умови роботи (кліматичні і механічні впливи в залежності від призначення й умов майбутньої роботи), електричне навантаження КВ і температуру навколишнього середовища, ступінь інтеграції інтегральних мікросхем, а також співвідношення видів відмовлень.

Конкретні формули, за якими визначалися інтенсивність відмовлень кожної групи комплектуючих виробів, наведені у таблиці нижче:

Поз.	Найменування	Кіл.	$\square_{io} \cdot 10^6 \text{ год}^{-1}$	Формула розрахунку $\square_i$	Коефіцієнти	$\square \square_i \cdot 10^6 \text{ год}^{-1}$
1	Мікроконтролер Atmega328	1	10	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_3$	$1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0$	10.0
2	Ультразвуковий датчик HC-SR04	1	10	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_3$	$1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0$	10.0
3	LCD-дисплей 16x2	1	20	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_3$	$1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0$	20.0
4	Активний зумер	1	100	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_3$	$1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0$	100.0

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

5	Механічні кнопки	1	20	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_3$	$1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0$	20.0
	Разом					160.0

Таблиця 1 – Перелік комплектуючих виробів

Величини значень визначилися за довідковими даними, наведеними у з урахуванням вихідних даних для проектного виробу.

По формулі визначаємо потік відмовлень виробу: $\lambda = 160 \cdot 10^{-6} \text{год}^{-1}$

Імовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t визначалася за формулою:

$$P(t) = e^{-\lambda t} \approx 1 - \lambda t$$

де λ – параметр потоку відмовлень; t – час роботи виробу (год).

Дані розрахунку $P(t)$ наведені у таблиці 6.2:

500	1000	2000	3000	5000	6000	8000	10000
0.928	0.861	0.741	0.637	0.472	0.407	0.301	0.223

Таблиця 2 – Імовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

На графіку, наведеному на рис. 18, показана залежність надійності $P(t)$.

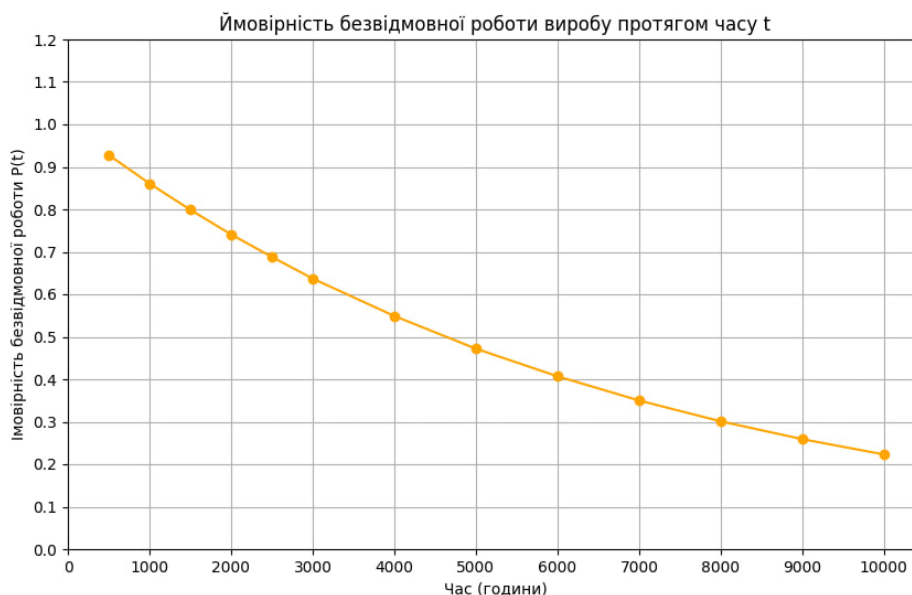


Рис. 19 Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

Середній наробіток до відмовлення виробу визначався за формулою:

$$T_0 = \frac{1}{\lambda}$$

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		53

Підставляючи дані в формулу, одержимо:

$$T_0 = \frac{1}{160 \cdot 10^{-6}} = 6,250 \text{ годин}$$

Таким чином, середній наробіток до відмовлення виробу становить 6,250 годин.

6.2. Розрахунок похибки вимірювання

Оцінка надійності обраних компонентів

Надійність системи визначається на основі надійності кожного з її компонентів (MTBF). Для цього використовуються такі дані, як середній час безвідмовної роботи та ймовірність відмови. Основні компоненти системи:

–Мікроконтролер Atmega328

Середній час безвідмовної роботи: 100,000 годин.

–Ультразвуковий датчик HC-SR04

MTBF: 100,000 годин.

–LCD-дисплей 16x2:

MTBF: 50,000 годин .

–Активний зумер

MTBF: 10,000 годин .

–Механічні кнопки:

MTBF: 1,000,000 циклів , приблизно 50,000 годин.

Методики розрахунку

Для розрахунку похибок визначення рівня рідини, проведемо дії для ультразвукового датчика HC-SR04, який вимірює відстань до поверхні рідини.

Ми отримали наступні значення вимірювань рівня рідини у см:

$R = (398, 399, 400, 401, 402, 399, 400, 401, 398, 402)$

1. Знайдемо середнє арифметичне значення R за формулою (4.1):

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i \quad (4.1)$$

де $n = 10$ (кількість вимірювань).

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

$$R = \frac{398+399+400+401+402+399+400+401+398+402}{10} = 400$$

Знайдемо похибки повторних вимірювань за формулою (4.2):

$$\Delta R_i = R_i - \bar{R}$$

$$(\Delta R_i)^2 = (R_i - \bar{R})^2 \quad (4.2)$$

Таблиця результатів:

№ з. п.	R, см	ΔR_i , см	ΔR_i^2 , см ²
1	398	-2	4
2	399	-1	1
3	400	0	0
4	401	1	1
5	402	2	4
6	399	-1	1
7	400	0	0
8	401	1	1
9	398	-2	4
10	402	2	4
сер	400	0	

Таблиця 3.

Середнє значення: R=400 см

Розрахунок випадкової похибки вимірювання.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta R_i)^2} \approx 1.49$$

1. Випадкова похибка:

$$\Delta R_{\text{вип}} = t_{0.95} \cdot s / \sqrt{n} = 2.26 \cdot 1.49 / \sqrt{10} \approx 1.06$$

1. Похибка приладу за формулою :

Припустимо, що точність НС-SR04 складає ± 3 мм (0.3 см):

$$\Delta R_{\text{прил}} = 0.3 \text{ см}$$

2. Похибка заокруглення за формулою (4.3):

$$\Delta R_3 = \frac{h}{\sqrt{3}} = \frac{0.5}{\sqrt{3}} \approx 0.29 \text{ см}$$

1. Загальна абсолютна похибка за формулою (4.4):

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Адк.
						55
Зм.	Адк.	№ докum.	Підпис	Дат		

$$\Delta R_{\text{заг}} = \sqrt{\Delta R_{\text{вип}}^2 + \Delta R_{\text{прил}}^2 + \Delta R_3^2} = \sqrt{1.06^2 + 0.3^2 + 0.29^2} \approx 1.15 \text{ см}$$

Таким чином, загальна абсолютна похибка визначення рівня рідини складає приблизно 1.15 см. Це означає, що при вимірюванні рівня рідини в межах 0-400 см, похибка вимірювання складає приблизно ± 1.15 см.

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

7. ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1. Охорона праці на підприємстві

Охорона праці на підприємстві є однією з найважливіших складових безпечної та ефективної роботи. Вона включає в себе різні заходи, спрямовані на забезпечення безпеки, збереження здоров'я працівників та запобігання нещасним випадкам. Розглянемо загальні вимоги до охорони праці та специфічні вимоги для хімічного виробництва.

Загальні вимоги до охорони праці

Загальні вимоги до охорони праці включають:

Організація безпечних умов праці: Роботодавець зобов'язаний забезпечити безпечні умови праці, що відповідають вимогам законодавства та нормативних актів. Це включає надання відповідного обладнання, навчання працівників та створення безпечного робочого середовища.

Оцінка ризиків: Проводиться систематична оцінка ризиків для виявлення потенційних небезпек на робочому місці. На основі оцінки ризиків розробляються заходи для їх мінімізації або усунення.

Інструктаж та навчання працівників: Нові працівники проходять первинний інструктаж з охорони праці, а також регулярні повторні інструктажі. Спеціальне навчання проводиться для працівників, які виконують роботи підвищеної небезпеки.

Використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ): Працівники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту, такими як каски, рукавиці, захисні окуляри, маски та інше обладнання, яке забезпечує безпеку під час виконання робіт.

Контроль за станом здоров'я працівників: Роботодавець організовує регулярні медичні огляди для працівників, особливо тих, хто працює в умовах підвищеної небезпеки.

Специфічні вимоги для хімічного виробництва

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Док.
Зм.	Док.	№ док.	Підпис	Дат		57

Хімічне виробництво є однією з найбільш небезпечних галузей, тому до охорони праці на таких підприємствах висуваються додаткові специфічні вимоги:

Безпека при роботі з хімічними речовинами: Всі хімічні речовини повинні бути чітко марковані та зберігатися в спеціально обладнаних місцях. Робота з небезпечними речовинами повинна проводитися лише після проведення відповідного інструктажу.

Вентиляція та контроль повітря: На хімічних підприємствах повинна бути організована ефективна система вентиляції для забезпечення видалення шкідливих речовин з робочих зон. Регулярний контроль повітря проводиться для виявлення перевищення допустимих концентрацій шкідливих речовин.

Засоби індивідуального захисту для роботи з хімікатами: Працівники, які контактують з хімічними речовинами, повинні бути забезпечені спеціальними ЗІЗ, такими як хімічно стійкі костюми, рукавиці, захисні окуляри, маски або респіратори.

Спеціальні заходи безпеки при аваріях: На хімічних підприємствах повинні бути розроблені та впроваджені плани дій у разі аварійних ситуацій, включаючи евакуацію працівників, надання першої медичної допомоги та локалізацію аварійних викидів.

Навчання та підвищення кваліфікації працівників: Працівники хімічних підприємств повинні проходити регулярне навчання та підвищення кваліфікації з питань безпеки праці, що включає вивчення властивостей хімічних речовин, правил поводження з ними та дій у разі аварійних ситуацій.

Таким чином, охорона праці на підприємстві, особливо на хімічному виробництві, потребує системного підходу та дотримання всіх необхідних вимог для забезпечення безпеки працівників.

7.2. Розробка заходів з охорони праці

Розробка заходів з охорони праці є важливим елементом для забезпечення безпеки та здоров'я працівників на підприємстві. Ці заходи включають

					<i>МММТ 480.011.013- ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						58
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		

пропозиції щодо поліпшення умов праці та оцінку ризиків. Розглянемо ці аспекти детальніше.

Пропозиції щодо поліпшення умов праці

Поліпшення вентиляції та освітлення: Забезпечення ефективної вентиляції допомагає зменшити концентрацію шкідливих речовин у повітрі, а адекватне освітлення знижує ризик травм та підвищує продуктивність праці.

Автоматизація небезпечних процесів: Впровадження автоматизації в процеси, які мають високий ризик для здоров'я працівників, дозволяє мінімізувати їхній контакт з небезпечними речовинами та обладнанням.

Ергономіка робочих місць: Оптимізація робочих місць з урахуванням ергономічних принципів знижує навантаження на опорно-руховий апарат працівників, що допомагає запобігти професійним захворюванням.

Покращення санітарних умов: Забезпечення доступу до чистої питної води, гігієнічних приміщень та місць для відпочинку сприяє покращенню загального стану здоров'я працівників.

Регулярне навчання та інструктаж: Організація регулярних навчальних занять та інструктажів з питань охорони праці дозволяє підтримувати високий рівень обізнаності працівників про ризики та заходи безпеки.

Використання якісних засобів індивідуального захисту: Забезпечення працівників сучасними та ефективними засобами індивідуального захисту (ЗІЗ), такими як каски, рукавиці, захисні окуляри, респіратори та інше, значно знижує ризик травм та професійних захворювань.

Оцінка ризиків

Оцінка ризиків є важливим етапом у забезпеченні безпеки праці. Вона включає ідентифікацію, аналіз та оцінку ризиків з метою їх мінімізації або усунення.

Ідентифікація ризиків: На цьому етапі визначаються всі потенційні небезпеки на робочому місці. Це можуть бути фізичні, хімічні, біологічні або психосоціальні фактори.

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Док.
Зм.	Док.	№ докum.	Підпис	Дат		59

Аналіз ризиків: Після ідентифікації ризиків проводиться їхній детальний аналіз. Визначається ймовірність виникнення небезпеки та можливі наслідки для здоров'я працівників.

Оцінка ризиків: На основі аналізу ризиків здійснюється їх оцінка. Ризики класифікуються за ступенем небезпеки, що дозволяє визначити пріоритетні напрями для впровадження заходів з охорони праці.

Розробка та впровадження заходів: На підставі оцінки ризиків розробляються конкретні заходи для їх мінімізації або усунення. Це можуть бути технічні, організаційні або адміністративні заходи.

Моніторинг та контроль: Регулярний моніторинг стану охорони праці та контроль за виконанням заходів дозволяють своєчасно виявляти нові ризики та ефективно реагувати на них.

Перегляд та актуалізація заходів: Заходи з охорони праці повинні періодично переглядатися та актуалізуватися з урахуванням нових технологій, змін у виробничих процесах та законодавстві.

Таким чином, розробка заходів з охорони праці включає комплексний підхід, спрямований на створення безпечних умов праці, мінімізацію ризиків та забезпечення здоров'я працівників.

7.3. Пожежна безпека приміщення

Пожежна безпека приміщення є важливим аспектом загальної безпеки на підприємстві. Вона включає аналіз вимог до пожежної безпеки та впровадження конкретних заходів для забезпечення безпеки працівників і збереження майна.

Аналіз вимог до пожежної безпеки

Законодавчі вимоги: Вимоги до пожежної безпеки регулюються законодавством та відповідними нормативно-правовими актами. Основні вимоги включають наявність системи оповіщення про пожежу, забезпечення шляхів евакуації, наявність засобів пожежогасіння та навчання працівників правилам пожежної безпеки.

					<i>МММТ 480.011.013- ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						<i>60</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		

Проектування та будівництво: При проектуванні та будівництві приміщень повинні враховуватися вимоги до вогнестійкості будівельних матеріалів, забезпечення вентиляції, а також створення умов для швидкої евакуації людей у разі пожежі.

Організаційні заходи: До організаційних заходів належать регулярні інструктажі з пожежної безпеки, створення планів евакуації, проведення навчальних тривог, а також призначення відповідальних осіб за пожежну безпеку.

Конкретні заходи для забезпечення пожежної безпеки

Встановлення системи пожежної сигналізації: Система пожежної сигналізації повинна бути встановлена у всіх приміщеннях підприємства. Вона включає детектори диму, тепла, полум'я та інші датчики, які сповіщають про виникнення пожежі.

Забезпечення шляхів евакуації: У приміщеннях повинні бути чітко позначені шляхи евакуації, які забезпечують швидкий і безпечний вихід людей у разі пожежі. Всі евакуаційні виходи повинні бути вільними від перешкод і легко відкриватися зсередини.

Наявність засобів пожежогасіння: У кожному приміщенні повинні бути встановлені первинні засоби пожежогасіння, такі як вогнегасники, пожежні крани, системи автоматичного пожежогасіння. Їх кількість та тип залежать від специфіки діяльності підприємства та потенційних ризиків.

Навчання працівників: Регулярні інструктажі та навчання працівників правилам пожежної безпеки є необхідними заходами. Працівники повинні знати, як діяти у разі пожежі, як користуватися засобами пожежогасіння та як евакуюватися з приміщення.

Контроль за дотриманням пожежної безпеки: Регулярні перевірки стану пожежної безпеки, огляд систем пожежної сигналізації та пожежогасіння, а також контроль за станом евакуаційних шляхів допомагають вчасно виявляти та усувати порушення.

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Дрк.
						61
Зм.	Дрк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Використання вогнестійких матеріалів: У будівництві та оздобленні приміщень слід використовувати матеріали з високими вогнестійкими властивостями, які уповільнюють поширення вогню та диму під час пожежі.

Розробка планів евакуації: На видних місцях у приміщеннях повинні бути розміщені плани евакуації, що містять інформацію про шляхи виходу, розташування вогнегасників та інших засобів пожежогасіння. Це дозволяє швидко орієнтуватися в екстрених ситуаціях.

Забезпечення пожежної безпеки є комплексним процесом, який включає дотримання законодавчих вимог, впровадження технічних та організаційних заходів, а також постійний контроль та навчання працівників. Це допомагає запобігти виникненню пожеж та мінімізувати їх наслідки, забезпечуючи безпеку працівників та збереження майна підприємства.

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

ВИСНОВОК

У даній кваліфікаційній роботі проведено детальний аналіз та розробку комп'ютеризованої системи для визначення рівня рідини у резервуарах хімічного виробництва. Основною метою роботи було створення ефективного, надійного та точного рішення для контролю рівня рідини, що забезпечить підвищення безпеки та автоматизації виробничих процесів.

В результаті було вивчено різні методи вимірювання рівня рідини, включаючи контактні та безконтактні технології. Особлива увага приділялась чотирьом основним типам датчиків: ультразвуковим, ємнісним, радарним та гідростатичним. Кожен з цих типів датчиків має свої переваги і недоліки, що визначає їх відповідність для різних умов експлуатації.

Ультразвукові датчики виявились надійним вибором для багатьох застосувань завдяки їхній точності та простоті інтеграції. Вони забезпечують безконтактне вимірювання, що є критично важливим у середовищах з агресивними рідинами. Недоліком є їх чутливість до змін температури та тиску.

Ємнісні датчики продемонстрували високу надійність і точність, особливо в умовах, де зміни складу рідини незначні. Вони легко інтегруються у комп'ютеризовані системи і забезпечують стабільну роботу. Однак, їх точність може бути порушена при значних змінах складу або густини рідини.

Радарні датчики є найточнішими і найнадійнішими серед розглянутих типів, особливо в складних умовах експлуатації, таких як високий тиск і температура. Вони забезпечують стабільні вимірювання незалежно від наявності піни або твердих частинок на поверхні рідини. Основним недоліком радарних датчиків є їх висока вартість, що може обмежувати їх застосування у деяких випадках.

Гідростатичні датчики показали відмінні результати у вимірюванні рівня рідини в закритих резервуарах, де важлива точність і надійність. Вони менш

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

чутливі до зовнішніх факторів, але їх точність може бути порушена змінами густини рідини .

У ході роботи було розроблено структурну схему комп'ютеризованої системи, яка включає в себе датчики, мікроконтролер ATmega328, а також програмне забезпечення для обробки і візуалізації даних. Це рішення дозволяє забезпечити безперервний моніторинг рівня рідини в режимі реального часу, автоматизацію процесів контролю та підвищення загальної безпеки виробництва.

На основі проведеного аналізу було визначено, що для кожного конкретного випадку необхідно ретельно підбирати тип датчика, враховуючи специфіку виробничих умов, тип рідини та вимоги до точності. Впровадження комп'ютеризованої системи контролю рівня рідини дозволить значно підвищити ефективність технологічних процесів, знизити ризики аварій та оптимізувати використання ресурсів.

Таким чином, розроблена система є перспективним рішенням для хімічного виробництва і може бути адаптована для інших галузей промисловості, де важливий точний і надійний контроль рівня рідини.

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Джерела:

1. Ультразвуковий датчик SITRANS LUT 400 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.siemens.com/us/en/products/automation/process-instrumentation/level-measurement/continuous/controllers/sitrans-lut400.html>
2. Ультразвуковий датчик Endress+Hauser Micropilot FMR50 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.nl.endress.com/en/field-instruments-overview/level-measurement/Radar-Micropilot-FMR67?t.tabId=product-overview>
3. Ультразвуковий датчик VEGAPULS 6X Радарний датчик для безперервного вимірювання рівня рідин і сипучих речовин [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.vega.com/en/products/product-catalog/level/radar/vegapuls-6x>
4. Ультразвуковий датчик Siemens SITRANS LUT 400 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.siemens.com/us/en/products/automation/process-instrumentation/level-measurement/continuous/controllers/sitrans-lut400.html>
5. Ультразвуковий датчик Endress+Hauser Micropilot FMR50 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.nl.endress.com/en/field-instruments-overview/level-measurement/Radar-Micropilot-FMR67?t.tabId=product-overview>
6. Огляд застосування ємнісного датчика [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/339637841_A_Review_on_Applications_of_Capacitive_Displacement_Sensing_for_Capacitive_Proximity_Sensor
7. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://iconprocon.com/blog-post/the-basics-of-float-level-sensors/>
8. Датчики та перетворювачі. Інноваційний дизайн датчика рівня води [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/280038149_Sensors_Transducers_Innovative_Design_of_Dam_Water_Level_Sensor

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Док.
Зм.	Док.	№ докum.	Підпис	Дат		65

9.Комплексне дослідження гігроскопічних властивостей [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
https://www.researchgate.net/publication/331176825_A_comprehensive_study_of_hygroscopic_properties_of_calcium-and_magnesium-containing_salts_Implication_for_hygroscopicity_of_mineral_dust_and_sea_salt_aerosols

10.Сидоренко В. А.; Основи автоматизації хімічних виробництв; Навчальний посібник; Львів; Видавництво ЛНУ ім. Івана Франка; 2016; 290 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/97358d2f-ecf9-44a1-a78f-6510ffef424c/content>

11..Романенко Д. І.; Контроль та автоматизація хімічних виробництв; Монографія; Одеса; Одеський національний політехнічний університет; 2019; 280 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
https://conference.ikto.net/pub/akit_2024_11-17march_1.pdf

12.Збірник наукових праць "Автоматизація та приладобудування"; Автоматизація та приладобудування; Науковий збірник; Харків; Харківський національний університет радіоелектроніки; 2020; 200 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/e83f5f27-ce10-4cba-8a4a-acc62b52187/content>

13.Кузьменко Л. В.; Методи контролю рівня рідини у резервуарах хімічного виробництва; Докторська дисертація; Львів; Національний університет "Львівська політехніка"; 2019; 280 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://science.lpnu.ua/sites/default/files/attachments/2022/jan/26205/zbirnykmaterialivekokongres2022.pdf>

14."комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система для визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва", Житомирська політехніка, 2023. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

					МММТ 480.011.013- ПЗ	Док.
						66
Зм.	Док.	№ док.	Підпис	Дат		

<https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/02/334.pdf>

15."Сенсорні технології у промисловості", Київ, 2019. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://iti.fit.univ.kiev.ua/wp-content/uploads/ІТІ-2019.pdf>

					<i>МММТ 480.011.013- ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						67
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		