МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю. М. Потебні

Кафедра електроніки, інформаційних систем
та програмного забезпечення
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

перший(бакалаврський)
(рівень вищої освіти)

на тему *«Розробка схеми сигналізатора рівня рідини»*

Виконав: студент (ка) *4* курсу, групи *6.1763-с2*
спеціальності *153 (176) Мікро- та наносистемна техніка*
(код і назва спеціальності)
освітньої програми *Мікро- та наносистемна техніка*
(код і назва освітньої програми)
Мисак Д.І.
(ініціали та прізвище)

Керівник *доцент кафедри ЕІСПЗ, доцент, к.т.н. Небеснюк О.Ю.*
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент *інженер-конструктор Конструкторського бюро Колосова Григор'єва І.К.*
'(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю. М. Потебні

Кафедра електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
(перший (бакалаврський) рівень
Спеціальність 153 (176) Мікро- та наносистемна техніка
(назва)
Освітня програма Мікро- та наносистемна техніка
(шифр)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувачка кафедри Т. В.Критська
«03» червня 2026 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА ЗДОБУВУЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Мисак Дмитру Ігоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи *Розробка схеми сигналізатора рівня рідини*
керівник кваліфікаційної роботи бакалавра *Небеснюк О.Ю., к.т.н.,доцент*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від «*23» 12. 2025 р. № 1830-с*
2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи бакалавра *03.06.2026р.*

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи бакалавра*: пристрій контроля рівня рідини; стабільна робота; захист від перешкод; безпечне живлення; простота конструкції; низьке енергоспоживання; наочна індикація рівнів.*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) *1 Датчики. Класифікація, параметри та характеристики 2 Сигналізатор рівня рідини на компараторах 3 Охорона праці та техногенна безпека*
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Л1 Структурна схема сигналізатора рівня рідини Л2 Схема електрична принципова Л3 Результати моделювання компаратора. Л4 Топологія друкованої плати та 3D модель пристрою.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи бакалавра

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
I	*Небеснюк О.Ю.*	*24.02.2026*
II	*Небеснюк О.Ю.*	*09.05.2026*
III	*Небеснюк О.Ю.*	*30.05.2026*

7. Дата видачі завдання *20.10.2025р.*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Примітка
1	*Аналіз літератури за темою кваліфікаційної роботи*	*03.11.25 - 30.12.25*	
2	*Аналіз конструктивних особливостей датчиків*	*05.01. -02.02.*	
3	*Розробка схеми електричної принципової пристрою контроля рівня рідини*	*09.02. -06.04.*	
5	*Моделювання роботи компаратора*	*07.04. -01.05.*	
6	*Розробка топології друкованої плати та 3D моделі*	*02.05. -09.05.*	
7	*Розділ охорони праці та техногенної безпеки*	*13.05. -20.05.*	
8	*Оформлення пояснювальної записки, виконання креслень*	*21.05. -29.05.*	

студент _____ *Мисак Д.І.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту) _____ *Небеснюк О.Ю.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ *Верьовкін Л. Л.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота містить 73 сторінки, 25 рисунків, 2 таблиці, 28 джерело літератури.

Об’єкт дослідження – датчики контролю рівня рідини.

Мета роботи –розробка пристрою для контроля рівня рідини на компараторах.

Задачі роботи: провести аналіз методів та пристроїв для вимірювання рівня води; розробити структурну та схему електричну принципову сигналізатора; розрахувати елементи схеми; розробити топологію друкованої плати та 3D модель пристрою.

Методика досліджень – моделювання приладу за допомогою програмного забезпечення Multisim, розробка топології друкованої плати за допомогою Sprint Layout.

Короткий виклад результатів досліджень – розроблено сигналізатор рівня рідини на компараторах, що дозволяє здійснювати контроль верхнього та нижнього рівнів; має світлову сигналізацію, керування релейними виходами та можливість інтеграції у системи автоматики.

Прогнозні пропозиції – запропонований прилад може використовуватися для контролю рівня води у побутових і промислових системах водопостачання та водовідведення.

ВОДА, ЕЛЕКТРОДНИЙ МЕТОД, ДАТЧИК, КОМПАРАТОР, РІВЕНЬ РИДИНИ, СВІТОВА ІНДИКАЦІЯ, , СХЕМА

Кваліфікаційна робота виконана на кафедрі електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення в період з 03.11.2025 по 29.05.2026 р.

Зміст

Вступ 5

1 ДАТЧИКИ. КЛАСИФІКАЦІЯ, ПАРАМЕТРИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ 6

1.1 Історія створення та розвитку датчиків 6

1.2 Визначення та метрологічні характеристики датчиків 7

1.3 Класифікація датчиків 13

1.3.1 За типом вимірюваної величини 13

1.3.2 За принципом дії 15

1.3.3 За типом сигналу 20

1.3. 4 За способом контакту 22

2 СИГНАЛІЗАТОР РІВНЯ РІДИНИ НА КОМПАРАТОРАХ 25

2.1 Вимоги до пристроїв контролю рівня рідини 25

2.2 Методи визначення рівня рідини 26

2.2.1 Поплавковий метод 26

2.2.2 Ємнісний метод 28

2.2.3 Ультразвуковий метод 29

2.2.4 Гідростатичний метод 31

2.2.5 Радіолокаційний метод 33

2.2.6 Електродний метод 34

2.3 Розробка структурної схеми пристрою 38

2.4 Обґрунтування та розрахунок компонентів схеми 41

2.5 Розробка схеми електричної принципової 45

2.6 Моделювання компаратора 48

2.7 Розробка топології друкованої плати та 3D моделі пристрою контроля рівня рідини 50

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 54

3.1 Характеристика потенційно небезпечних виробничих факторів 54

3.2 Заходи електробезпеки 56

3.3 Техногенна безпека 65

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ 68

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАННОЇ ЛІТЕРАТУРИ 69

Вступ

У сучасному світі автоматизація виробництва, розвиток електроніки, робототехніки та інформаційних технологій стали неможливими без використання датчиків. Практично кожна технічна система потребує пристроїв, здатних контролювати параметри навколишнього середовища або внутрішнього стану обладнання. Саме датчики виконують функцію первинного збору інформації та забезпечують зв’язок між фізичними процесами й електронними системами керування.

Вони широко використовуються у промисловості, транспорті, енергетиці, медицині, телекомунікаціях, сільському господарстві та побуті. Дозволяють контролювати температуру, тиск, вологість, швидкість, освітленість, переміщення об’єктів, рівень рідин та інші параметри. Без них неможлива робота сучасних автоматизованих систем, систем безпеки, «розумних» будинків, роботизованих виробничих ліній та комп’ютеризованих технологічних комплексів.

Саме датчики забезпечують збір інформації про стан навколишнього середовища або технічних систем, після чого передають ці дані для подальшої обробки.

Особливе місце серед різноманітних вимірювальних пристроїв займають пристрої контролю рівня рідини. Вони використовуються для визначення кількості або висоти рідини в резервуарах, трубопроводах, баках та інших ємностях. Такі датчики є важливими елементами систем автоматизації, оскільки дозволяють контролювати технологічні процеси, запобігати аваріям і забезпечувати економне використання ресурсів.

Тож розробка пристрою для контроля рівня рідини є достатньо актуальним питанням.

1 ДАТЧИКИ. КЛАСИФІКАЦІЯ, ПАРАМЕТРИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ

1.1 Історія створення та розвитку датчиків

Перші датчики з’явилися ще у XIX столітті разом із розвитком електротехніки та промислової автоматизації. Одними з перших були механічні пристрої для вимірювання температури та тиску. Відкриття вихрових струмів (1824 р.) заклало основу для майбутніх методів неруйнівного контролю.

З розвитком радіотехніки з'являються датчики, що перетворюють фізичні величини в електричний сигнал.

Подальший розвиток науки й техніки призвів до створення:

- електричних датчиків;
- напівпровідникових сенсорів;
- оптичних систем;
- цифрових датчиків;
- інтелектуальних сенсорних модулів.

У XX столітті датчики почали активно застосовуватись у промисловості, авіації та військовій техніці. Розвиток мікроелектромеханічних систем дозволив розмістити механічні та електронні компоненти на одному кремнієвому чипі.

Сучасні датчики — це розумні пристрої, здатні аналізувати дані та передавати їх мережею.

Smart Sensors мають вбудований мікропроцесор для обробки сигналу. Широке застосування знайшли інфрачервоні, ультразвукові та мікрохвильові датчики у системах безпеки.

Інтелектуальні датчики, які взаємодіють між собою та з користувачем через інтернет. На сьогоднішній день активно розвиваються: MEMS-сенсори; нанодатчики; інтелектуальні системи моніторингу [1].

1.2 Визначення та метрологічні характеристики датчиків

Датчик — це технічний пристрій, який реагує на певну фізичну величину або зміну параметра навколишнього середовища та перетворює її у сигнал, придатний для подальшої обробки, передачі або відображення.

Принцип роботи більшості датчиків полягає у перетворенні неелектричної величини в електричний сигнал. Отриманий сигнал може надходити до контролерів, мікропроцесорів, комп’ютерів або систем автоматичного керування.

Фізичні величини, які можуть вимірюватися датчиками, це:

- температура;
- тиск;
- рівень рідини;
- освітленість;
- швидкість;
- переміщення;
- вологість;
- сила струму;
- концентрація газів;

- магнітне поле та інші параметри.

В енергетичних датчиках створюється немодульований (з незмінними параметрами) потік енергії. Вимірюваний параметр змінює цей потік (модулює), ці зміни реєструються чутливим елементом. Таким чином, загальну схему вимірювання енергетичними датчиками можна представити так: джерело енергії — об'єкт дослідження — чутливий елемент. Як приклад розглянемо три види енергетичних датчиків, представлених на рис.1.1

У фотоелектричному датчику (1) створюється світловий потік $Ф_0$. При проходженні через тканини організму потік змінюється. Як реєструючий пристрій може використовуватися фоторезистор, фотоелемент, фотопластина.

У рентгенівських датчиках (апаратах) (2), як джерело випромінювання використовуються рентгенівські промені, а як чутливий елемент — фотопластина, люмінесцентний екран, рентгеночутливий екран.

При ультразвуковому дослідженні — (УЗД) (3) використовується потік УЗ-хвиль, а для реєстрації, як правило, п'єзодатчики.

У біокерованих активних (генераторних) датчиках під впливом вимірюваної величини генеруються пропорційні їй електричні сигнали. Датчики, що найбільш часто вживаються: термопари (1), тензодатчики (2), індукційні (3), напівпровідникові вентильні фотоелементи (4). Їх схеми представлені на рис.1.2.

У термопарах є два спаї, в яких з'єднуються два різні провідники або напівпровідники. У кожному із спаїв створюються контактні різниці потенціалів. Сумарна різниця потенціалів визначає ЕРС термопари. ЕРС пропорційна різниці температур спаїв $\varepsilon = k(T_1 - T_2)$, де k залежить від типу провідників або напівпровідників, що використовуються для сполучення.

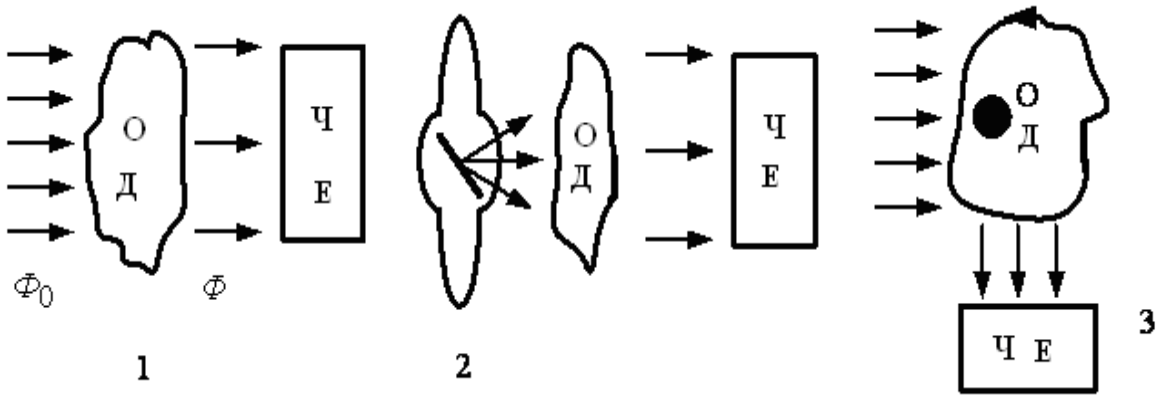


Рисунок 1.1 -Енергетичні датчики

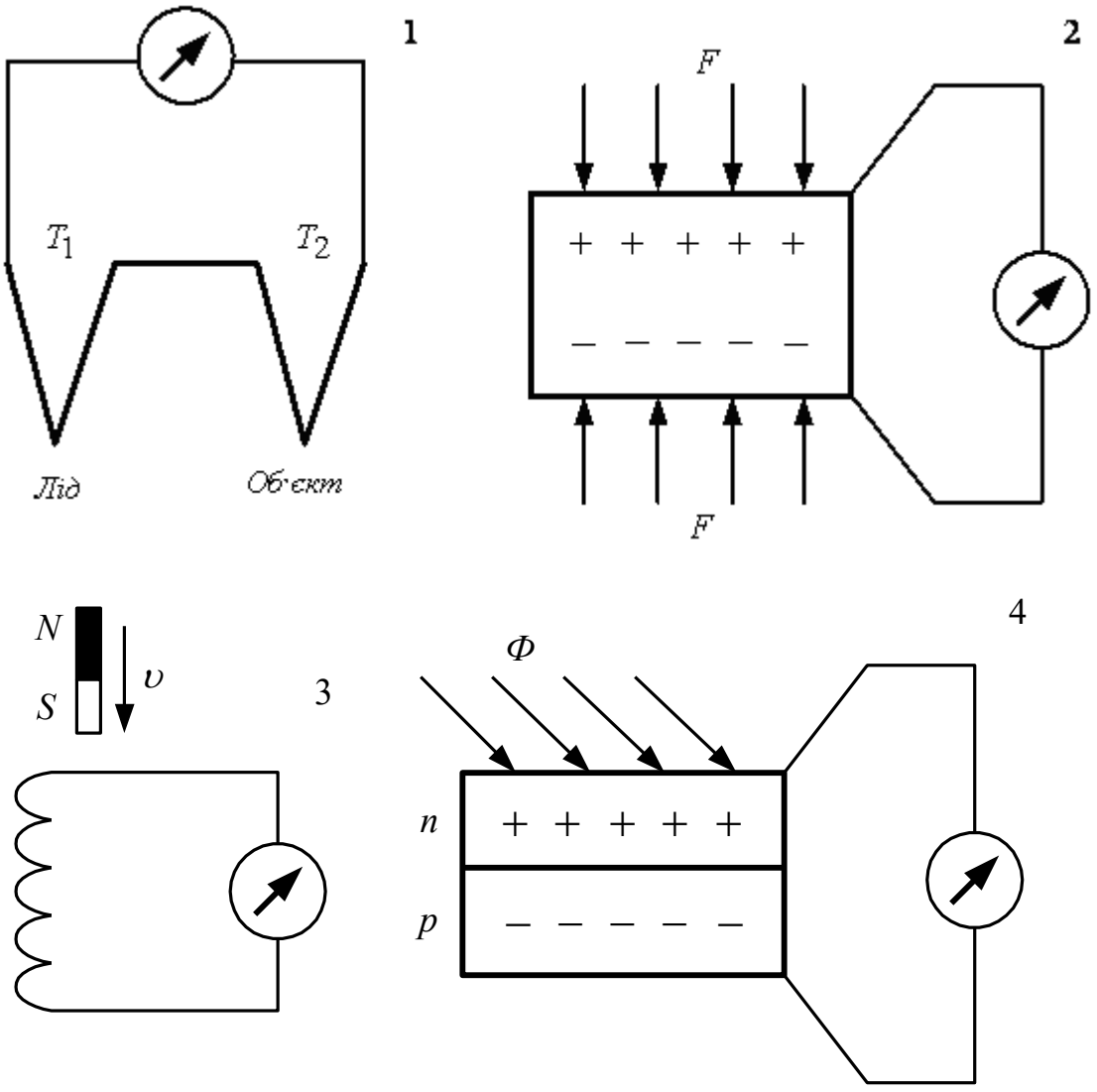


Рисунок 1.2 - Біокеровані активні датчики [2]

У тензодатчиках використовується прямий п'єзоелектричний ефект — при дії на деякі кристали (кварцу, титанату барію і інших) зовнішньої сили, внаслідок структурної поляризації, на поверхні цих кристалів з'являється різниця потенціалів, пропорційна прикладеній силі.

В індукційних датчиках, при переміщенні постійного магніту щодо котушки, виникає ЕРС індукції, яка визначається за законом Фарадея $\varepsilon = -\Delta\Phi/\Delta t$. Зрештою ЕРС пропорційна швидкості переміщення постійного магніту.

У напівпровідникових вентильних фотоелементах використовуються кристали селену. Усередині селенової пластини, за рахунок технології виготовлення, створюється замикаючий шар, що не пропускає основних носіїв заряду. При освітленні фотоелемента, у верхньому шарі, виникають пари електрон-дірка. За рахунок замикаючого шару вони розділяються, і утворюється фото ЕРС, пропорційна світловому потоку.

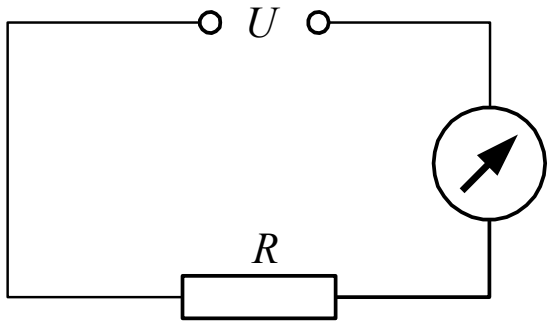


Рисунок 1.3- - Біокеровані пасивні датчики

Біокеровані пасивні (параметричні) датчики є замкнутим електричним ланцюгом (рис.1.3), до складу якого входять: джерело постійної або змінної напруги, вимірювальний прилад (амперметр) та опір R, величина якого змінюється пропорційно зміні вимірюваного неелектричного сигналу організму. За законом Ома пропорційно змінюється і струм в ланцюзі, тому шкала вимірювального приладу градується в одиницях вимірюваної

неелектричної величини. За типом опору параметричні датчики підрозділяються на: резистивні, ємнісні, індуктивні та контактні.

У резистивних датчиках використовуються: активний змінний опір, движок якого переміщається пропорційно механічному переміщенню органів тіла людини; терморезистор, величина якого змінюється пропорційно температурі вимірюваного об'єкту; фоторезистор, у якого опір змінюється при зміні світлового потоку. Як опір можна підключати безпосередньо тканини організму. У цьому випадку вимірюється імпеданс (загальний опір тканини відносно змінного струму).

У ємнісних датчиках опором є конденсатор. Як відомо, ємність конденсатора визначається за формулою:

$$C = \varepsilon \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{4\pi d},$$

а величина ємнісного опору $R = \frac{1}{\omega C}$.

Таким чином, ємнісний опір змінюється при зміні відносної діелектричної проникності (ε), площі пластин (S), відстані між пластинами (d). Величина цих параметрів змінюється або при механічному переміщенні частин тіла, або при зміні вологості та температури середовища між пластинами конденсатора.

В індуктивних датчиках використовується котушка з феромагнітним сердечником. Її індуктивність (L) залежить від магнітної проникності сердечника (μ), числа витків котушки (n), розмірів котушки (d, l). Величина індуктивного опору визначається за формулою: $R_L = \omega L$.

У контактних датчиках замість опору використовуються два контакти, які замикаються або розмикаються при періодичному русі, наприклад, при зміні розмірів грудної клітки при вдиху і видиху.

Для правильного використання датчиків необхідно знати їх метрологічні характеристики. Датчики повинні періодично перевірятися метрологічними службами. До метрологічних характеристик відносяться:

1. Чутливість — це зміна вихідного сигналу при зміні вхідного сигналу на одиницю. Наприклад, чутливість термопари визначається за формулою [3]:

$$k = \frac{\Delta \varepsilon}{\Delta t}.$$

2. Межа чутливості — мінімальне значення зміни вхідного сигналу, яку можна зареєструвати за допомогою датчика.

3. Динамічний діапазон — діапазон вхідних неелектричних величин від межі чутливості до максимального значення, що реєструється датчиком без спотворення.

4. Похибка — різниця між виміряним і дійсним значеннями величини.

5. Час реакції (інерційність) показує, на скільки величина вихідного сигналу датчика відстає за часом (по фазі) від вхідного.

Датчики є невід'ємною частиною автоматизованих систем, оскільки саме вони забезпечують отримання достовірної інформації про стан технологічного процесу. Без них система не могла б реагувати на зміни параметрів або виконувати автоматичне регулювання.

Основні функції датчиків [4]:

- вимірювання фізичних величин;
- контроль параметрів;
- передача інформації;
- участь у процесах автоматичного керування;
- забезпечення безпеки обладнання.

1.3 Класифікація датчиків

Існує велика кількість типів датчиків. Їх класифікують за різними ознаками.

1.3.1 За типом вимірюваної величини

Температурні датчики - вимірюють температуру середовища або об’єкта та широко використовуються в таких додатках, як домашні термостати, системи ОВК, промислові процеси та медичні пристрої.

Датчики тиску вимірюють тиск або силу та знаходять застосування в таких сферах, як автомобілебудування, контроль процесів і моніторинг погоди. Найпоширеніший принцип роботи заснований на тензодатчику, вбудованому в діафрагму: коли зовнішній тиск відхиляє діафрагму. Ці зміни опору тензодатчика перетворюються в електричний сигнал. Він широко використовується в автомобільних системах (контроль тиску в шинах, гальмування), промисловій гідравліці, метеостанціях і медичних пристроях, таких як вентилятори.

Фотоелектричні датчики використовують світло як середовище сприйняття. Визначайте наявність, інтенсивність або переривання світла. До них належать фотодіоди, фототранзистори та фоторезистори (LDR), які змінюють електричний вихід на основі падаючого світла.

Удосконалені оптичні датчики можуть розрізняти кольори або вимірювати навколишнє освітлення для автоматичного налаштування дисплея. Він широко використовується в побутовій електроніці, системах безпеки, промисловій автоматизації та моніторингу навколишнього середовища.

Датчики вологості визначають кількість водяної пари в повітрі чи матеріалах. Вони використовуються для моніторингу погоди, системах HVAC і промислових процесах.

Датчики наближення виявляють наявність або відсутність об’єктів поблизу без фізичного контакту. Вони використовуються в смартфонах, сенсорних екранах, автоматизованих дверях і системах виявлення перешкод.

Датчики руху реагують на переміщення об’єктів і використовуються в системах безпеки, керування освітленням, ігрових пристроях і робототехніці.

Датчики газу визначають наявність і концентрацію певних газів. Вони доступні у багатьох формах, наприклад MOS-датчики газу, які змінюють опір, коли присутні такі гази, як CO або VOC. Ці електрохімічні газові комірки генерують струм із газових реакцій, звичайних для кисню чи токсичних газів, а інфрачервоні газові датчики для таких газів, як CO_2, через ІЧ-поглинання. Вони мають вирішальне значення для виявлення витоку газу, моніторингу якості повітря та промислової безпеки [5].

Біометричні датчики вимірюють унікальні біологічні характеристики, такі як відбитки пальців, візерунки райдужної оболонки ока та відбитки голосу. Вони використовуються в таких програмах, як контроль доступу, підтвердження особи та охорона здоров’я.

Датчики звуку вимірюють вібрацію або звукові хвилі в повітрі або твердому середовищі. Найпоширенішими є мікрофони, акустичні датчики, які перетворюють звуковий тиск в електричні сигнали. Для ультразвуку ультразвукові перетворювачі випромінюють і приймають звукові імпульси для вимірювання відстані або виявлення об’єктів, що часто використовується в автомобільних датчиках паркування та роботизованих далекомірах.

Датчики рівня - визначають кількість рідкого або твердого матеріалу в контейнері. Традиційні поплавкові датчики покладаються на плавучість для запуску механічних або електричних перемикачів, тоді як ємнісні типи відчувають зміни ємності, спричинені зміною діелектричних властивостей у

міру зміни рівня. Крім того, ультразвукові та радарні датчики випромінюють хвилі та вимірюють відлуння--польоту, щоб визначити рівень безконтактно. Вони забезпечують належний контроль рівня в резервуарах у таких галузях, як очищення води та виробництво.

1.3.2 За принципом дії

Інший спосіб класифікувати датчики – це їх основний принцип роботи, фізичний або хімічний вплив, на який вони покладаються, щоб перетворити вхідний сигнал навколишнього середовища в електричний сигнал.

1. Резистивні датчики

Резистивні датчики працюють, перетворюючи зміни фізичного стимулу на зміни електричного опору (рис. 1.4). Термістори суттєво змінюють свій опір залежно від температури, тоді як тензодатчики вимірюють механічну деформацію, виявляючи незначні зміни опору в металевій фользі або напівпровідниковому елементі. Ці датчики прості, надійні та економічно-ефективні, що робить їх ідеальними для датчиків температури, тензодатчиків і датчиків переміщення.

2. Ємнісні датчики

Ємнісні датчики залежать від змін ємності між двома провідними пластинами, коли відстань або діелектричне середовище змінюється. Вони широко використовуються в датчиках вологості, наближення та рівня, де присутність об’єкта змінює ємнісне поле. Ці датчики є високочутливими, безконтактними та можуть виявляти різні матеріали.



Рисунок 1.4 -Резистивні датчики [6]

3. Індуктивні та електромагнітні датчики

Індуктивні та електромагнітні датчики створюють магнітне поле та виявляють зміни, викликані провідними або феромагнітними матеріалами (рис. 1.5). Індуктивні датчики наближення виявляють металеві частини без контакту в промисловій автоматизації. Вони забезпечують чудову довговічність у суворих умовах, але обмежені металевими цілями та потребують калібрування для досягнення високої точності.

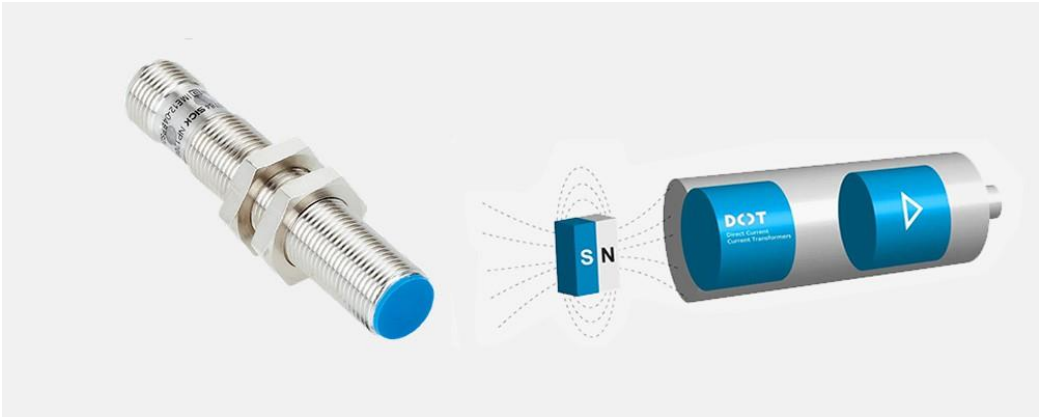


Рисунок 1.5 - Індуктивні та електромагнітні датчики [7]

4. Ефект Холла та магнітні датчики

Датчики на ефекті Холла генерують напругу, коли провідник зі струмом піддається дії магнітного поля, що робить їх придатними для визначення положення, визначення швидкості та вимірювання струму. Ці датчики компактні, надійні та широко використовуються в автомобільних системах, без щіткових двигунах і компасах побутової електроніки.

5. П'єзоелектричні датчики

У п’єзоелектричних датчиках використовуються такі кристали, як кварц або кераміка, які створюють електричний заряд під час механічного навантаження (рис.1.6). Вони чудово виявляють динамічні явища, такі як вібрація, прискорення та акустичні сигнали. Серед типових застосувань – моніторинг вібрації в обертових механізмах, датчики детонації в автомобільних двигунах і мікрофони для виявлення звуку.

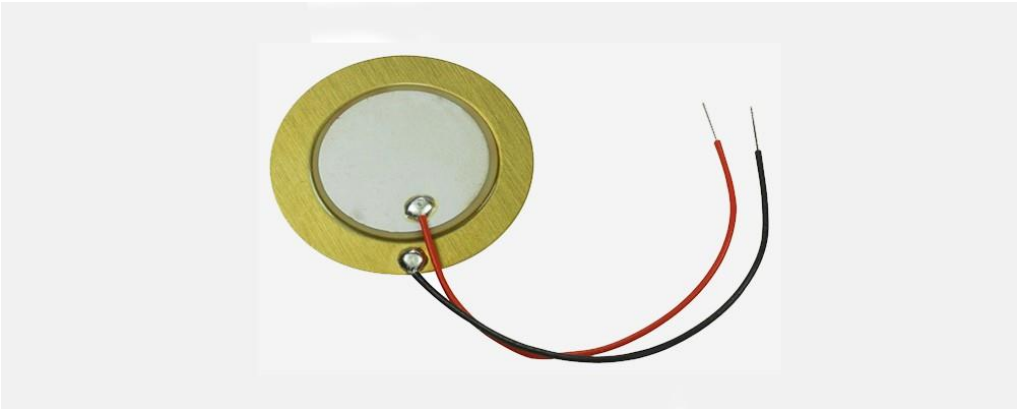


Рисунок 1.6- П’єзоелектричний датчик [8]

6. Фотоелектричні та оптичні датчики

Фотоелектричні та оптичні датчики засновані на взаємодії світла з речовиною (рис. 1.7). Фотодіоди та фототранзистори генерують струм під дією світла, тоді як сенсори CCD і CMOS перетворюють фотони в цифрові зображення для камер і машинного зору. Оптичні волокна можна використовувати як датчики, відстежуючи зміни в пропусканні або відображенні світла, що робить їх цінними для телекомунікацій, моніторингу стану структур і біомедичної діагностики.



Рисунок 1.7- Оптичний датчик [9]

7. Термоелектричні датчики

Термоелектричні датчики використовують ефект Зеєбека, коли різниця температур між двома різнорідними металами створює вимірну напругу. Найвидатнішим прикладом є термопара, яка широко використовується для вимірювання високих-температур у печах, двигунах і переробній промисловості. Термоелектричні датчики міцні, недорогі та здатні вимірювати

екстремальні температури, але вони вимагають компенсації еталонного спаю та забезпечують меншу точність, ніж RTD.

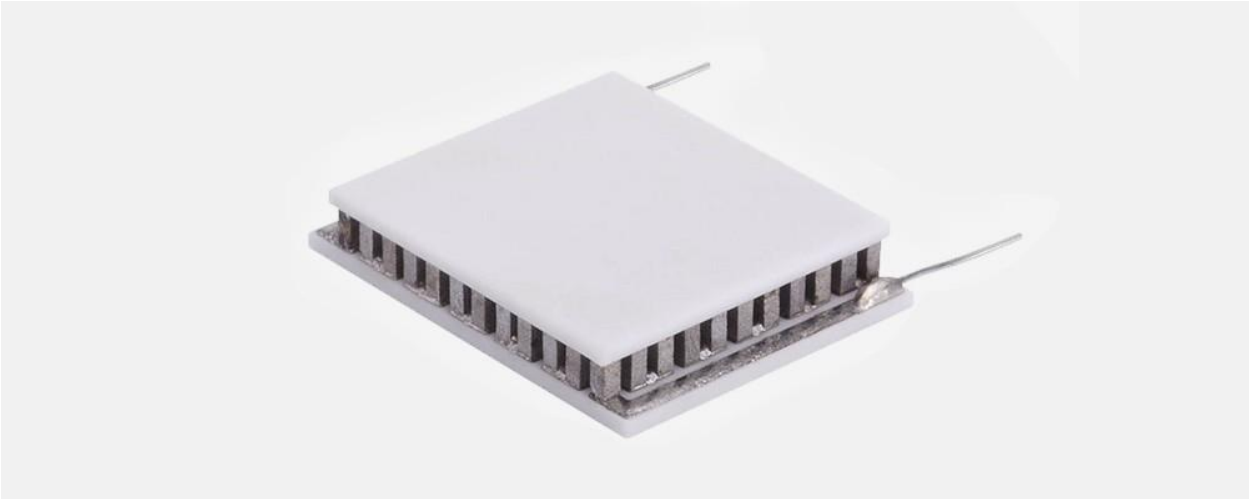


Рисунок 1.8- Термоелектричний модуль Пельтьє [10]

8. Електрохімічні та хімічні сенсори

Електрохімічні датчики (рис.1.9) виявляють хімічні речовини, виробляючи електричний сигнал від хімічних реакцій. Електрохімічні сенсори газу вимірюють струм, пропорційний концентрації газу, тоді як pH-електроди виявляють активність іонів водню. Ці високоселективні та чутливі датчики дозволяють контролювати безпеку на промислових підприємствах і медичну діагностику.

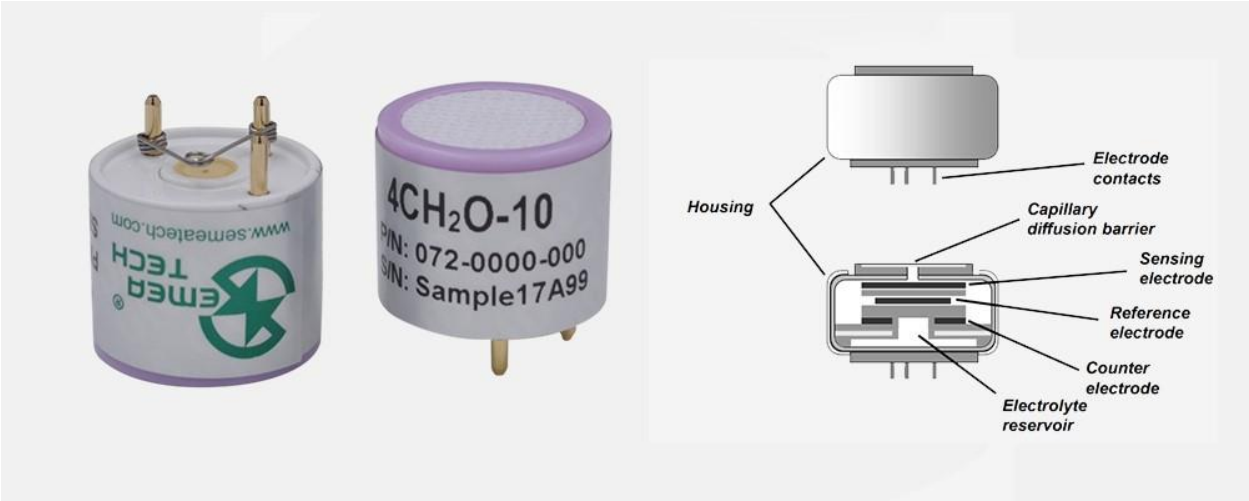


Рисунок 1.9- Електрохімічний датчик газу [11]

1.3.3 За типом сигналу

Датчики також можна розділити за типом вихідного сигналу, який вони забезпечують, оскільки це впливає на вимоги до обробки сигналу та загальний дизайн системи.

1. Аналогові датчики

Аналогові датчики (рис. 1.10) створюють безперервний електричний сигнал, який змінюється пропорційно виміряній величині. Оскільки сигнал безперервний, аналогові датчики вловлюють точні зміни та широко використовуються в промисловій автоматизації, медичному моніторингу та наукових інструментах.



Рисунок 1.10 - Аналоговий датчик потенціометра обертання [12]

2. Цифрові датчики

Цифрові датчики видають дискретні кроки, часто у вигляді двійкових сигналів або структурованих цифрових даних. Деякі цифрові датчики по суті є аналоговими пристроями з вбудованими мікроконтролерами та АЦП, які перетворюють вимірювання в цифровий формат. Цифрові датчики спрощують інтеграцію з сучасними мікроконтролерами та комп’ютерами, зменшують погіршення сигналу на відстані та часто містять вбудоване-калібрування.

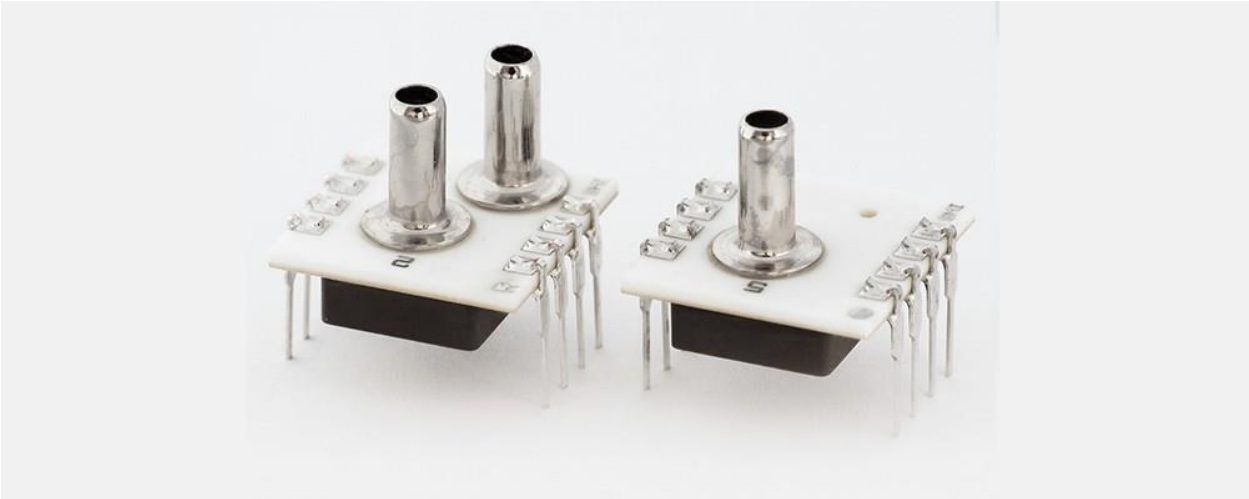


Рисунок 1.11- Цифрові датчики тиску

1.3. 4 За способом контакту

1. Контактні датчики

Контактні датчики потребують прямої фізичної взаємодії з вимірюваним об’єктом або середовищем. Приклади включають зонди RTD і термістори, які повинні торкатися поверхні або рідини, щоб відчути температуру. Ці датчики забезпечують високу точність у локальних вимірюваннях і мають просту конструкцію, але вони можуть страждати від зносу, повільнішого часу відгуку та потенційного впливу на об’єкт вимірювання.



Рисунок 1.12- Дротовий магнітний геркон [13]

2. Безконтактні датчики

Такі датчики вимірюють цілі без фізичної взаємодії, покладаючись замість цього на електромагнітні поля, світло або звукові хвилі. Без-контактні датчики широко використовуються в автоматизації, системах безпеки, медичній діагностиці та побутовій електроніці, пропонуючи довговічність і швидку реакцію, оскільки немає механічного зносу. Їхні обмеження включають чутливість до таких факторів навколишнього середовища, як пил, туман або електромагнітні перешкоди.



Рисунок 1.13- Безконтактний датчик рівня рідини

Датчики є одним із найважливіших елементів сучасних систем автоматизації. Вони забезпечують контроль фізичних параметрів, передачу інформації та автоматичне керування технологічними процесами.

Проблема автоматичного контролю рівня рідини є актуальною через широке використання резервуарів та накопичувальних систем у промисловості та побуті. При ручному контролі існує ризик несвоєчасного реагування оператора, що може призвести до:

- переповнення ємності;
- втрати рідини;
- виходу з ладу насосного обладнання;
- затоплення приміщень;
- аварійних ситуацій.

Автоматичні сигналізатори рівня дозволяють уникнути цих проблем завдяки постійному контролю стану системи. Крім того, використання автоматизованих систем знижує потребу в постійному обслуговуванні людиною та підвищує ефективність роботи обладнання.

Особливо актуальним є використання недорогих та простих у реалізації електронних схем, які можуть бути виготовлені без використання

складних мікроконтролерів. Одним із таких рішень є сигналізатор рівня рідини на базі компараторів LM339N.

Тож метою роботи є розробка пристрою для контроля рівня рідини на компараторах.

Задачі роботи:

- розробити структурну схему сигналізатора;
- реалізувати схему електричну принципову, розрахувати елементи схеми;
- виконати топологію друкованої плати та 3D модель пристрою.

2 СИГНАЛІЗАТОР РІВНЯ РІДИНИ НА КОМПАРАТОРАХ

2.1 Вимоги до пристроїв контролю рівня рідини

У сучасних системах автоматизації технологічних процесів важливе місце займають пристрої контролю рівня рідин. Такі системи використовуються практично в усіх галузях промисловості, комунальному господарстві, побутових установках та системах водопостачання. Одним із найбільш поширених пристроїв автоматичного контролю є сигналізатор рівня рідини.

Сигналізатор рівня рідини — це електронний або електромеханічний пристрій, призначений для визначення певного рівня рідини в резервуарі, ємності або технологічній системі та подачі сигналу при досягненні заданого значення. Подібні пристрої дозволяють здійснювати автоматичний контроль заповнення ємностей, запобігати переливу або роботі обладнання без рідини.

Контроль рівня рідини є необхідним у багатьох сферах [14]:

- системах водопостачання;
- насосних станціях;
- системах опалення;
- каналізаційних системах;
- нафтовій та хімічній промисловості;
- харчовому виробництві;
- системах очищення води;
- автоматизованих виробничих лініях.

У більшості випадків автоматичний контроль рівня рідини дозволяє значно підвищити надійність роботи обладнання, зменшити витрати електроенергії та запобігти аварійним ситуаціям, а використання у схемах компараторів забезпечує:

- високу надійність;
- просту схему;
- низьке енергоспоживання;
- можливість роботи у промислових умовах;
- стійкість до перешкод.

2.2 Методи визначення рівня рідини

Існує велика кількість методів визначення рівня рідини. Вибір конкретного методу залежить від:

- типу рідини;
- умов експлуатації;
- необхідної точності;
- вартості системи;
- умов навколишнього середовища.

2.2.1 Поплавковий метод

Поплавкові датчики (рис.2.1, 2.2) є одними з найстаріших та найпростіших способів контролю рівня рідини. Принцип дії поплавкового

методу ґрунтується на механічному переміщенні поплавка з постійним магнітом уздовж штока, в якому розміщений геркон. У разі досягнення магнітом заданого рівня відбувається замикання герконового контакту, і на виході пристрою формується відповідний сигнал.

Такі датчики часто використовуються [15]:

- у системах водопостачання;
- у паливних баках автомобілів;
- у побутових резервуарах.

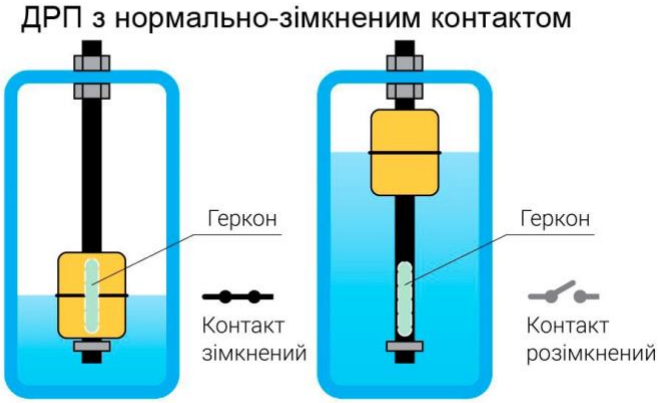


Рисунок 2.1- Поплавковий датчик з дискретним вихідним сигналом



Рисунок 2.2- Поплавковий датчик зі струмовим вихідним сигналом

Дія буйкового рівнеміра заснована на законі Архімеда. Чутливий елемент буйкового рівнеміра - буй - масивне тіло, підвішене вертикально усередині судини, рівень рідини в якому контролюється. По мірі зміни рівня рідині змінюється занурення буя внаслідок компенсації виштовхуючої сили рідині зміною зусилля в підвісці. Таким чином, за величиною занурення буя судять про рівень рідини в судині. Характеристика буйкового рівнеміра лінійна, а чутливість тим більше, чим більше площа поперечного перетину буя.

Перевагою поплавкових датчиків є простота конструкції та невисока вартість. Однак механічні елементи можуть зношуватись або заклинювати.

2.2.2 Ємнісний метод

Ємнісні датчики визначають рівень рідини шляхом зміни електричної ємності між електродами. Коли рідина змінює положення між електродами, змінюється діелектрична проникність середовища, що впливає на ємність системи.

Зазвичай первинний перетворювач виконується у вигляді коаксіальних циліндрових обкладок, занурених у вимірювану рідину. Із зміною рівня рідина заповнює простір між обкладками і тим самим змінює їх електричну ємність. Залежність між рівнем рідини і ємністю пропорційна.

Для точного вимірювання важливо, щоб діелектрична проникність рідини суттєво відрізнялася від проникності повітря. При використанні з провідними рідинами електроди датчика повинні мати ізоляційне покриття.

До переваг такого метода можна віднести високу точність, та відсутність рухомих частин.

Недоліки:

- складність налаштування;

- залежність від властивостей рідини.

2.2.3 Ультразвуковий метод

Ультразвукові датчики випромінюють звукові хвилі високої частоти та визначають час повернення сигналу після відбиття від поверхні рідини. На основі цього розраховується відстань до поверхні.

Ультразвуковий датчик рівня складається з перетворювача (як правило, п’єзоелектричного), що працює за методом імпульсного вимірювання часу відлуння сигналу. Датчик випромінює короткий ультразвуковий імпульс (зазвичай частотою десятки кГц) у напрямку до поверхні рідини і приймає відбитий від неї ехосигнал. Вимірявши час між випроміненням та прийомом відбитого ехо, пристрій обчислює відстань від датчика до рівня рідини. Цей принцип аналогічний до радіолокації, але використовує звукові хвилі замість електромагнітних. Якщо t – час проходження звуку в обох напрямках в мікросекундах, а c – швидкість звуку у рідині в метрах за секунду, то відстань D до поверхні рідини визначається як:

$$D = (t \cdot 1000 / 2) / c.$$

Знаючи геометрію резервуара (наприклад, повну висоту H), можна обчислити власне рівень як:

$$L = H – D.$$

Сучасні ультразвукові рівнеміри покривають діапазони вимірювання від кількох сантиметрів до кількох десятків метрів (порядку 30 м) чого достатньо для більшості резервуарів середнього об’єму.

Зазвичай ультразвуковий передавач встановлюється зверху резервуара, спрямовуючи сигнал вниз до поверхні рідини. Альтернативно, можливе встановлення датчика знизу ємності (на днищі) і спрямування ультразвуку вгору – у цьому випадку сигнал проходить через товщу рідини і відбивається від межі «рідина – газ». Такий підхід використовується рідше, але має низку переваг: визначення рівня підтоварної рідини, менший вплив піни. Приклад роботи ультразвукового рівнеміра наведено на рисунку 1. Передавач генерує акустичний сигнал, що поширюється в рідині до поверхні рідини, відбивається і реєструється приймачем. На основі виміряного часу датчик визначає рівень. У реальних умовах на форму і амплітуду отриманого ехосигналу можуть впливати різні фактори: наявність внутрішніх конструкцій (труб, змішувачів), пінна поверхня рідини, хвилювання або сторонні відбиття. Тому ультразвукові рівнеміри повинні будувати профіль ехо – залежність часу відлунь і виділяють правильний сигнал від поверхні серед множини відлунь. Це дозволяє відфільтрувати хибні відлуння від стін або арматури.

Такі датчики використовують в каналізаційних системах, резервуарах великого об’єму, промислових установках. До переваг можна віднести високу точність та можливість безконтактного вимірювання.

Недоліки:

- висока вартість;
- складність електронної частини.

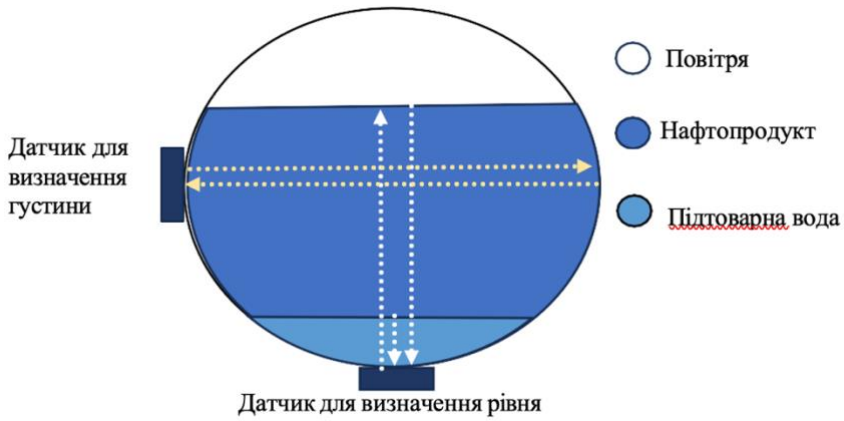


Рисунок 2.3- Датчик для визначення рівня [16]

2.2.4 Гідростатичний метод

Принцип роботи таких датчиків базується на вимірюванні тиску стовпа рідини (рис.2.4).

$$P = \rho \cdot g \cdot h + P_0$$

Де:

P — гідростатичний тиск (вимірюється датчиком);

ρ— густина рідини (має бути відомою та постійною);

g — прискорення вільного падіння;

h— висота рівня рідини;

P_0— тиск над поверхнею рідини (наприклад, атмосферний тиск у відкритих ємностях).

Під час вимірювання гідростатичного рівня стовп рідини чинить тиск на мембрану датчика. Чим вище стовп рідини (рівень заповнення резервуара), тим вищим є тиск.

Гідростатичні датчики рівня – це спеціалізовані виконання перетворювачів надлишкового тиску зі ступенем пиловологозахисту корпусу, призначені для занурення в рідину для вимірювання її рівня (глибини). Датчик вимірює тиск стовпа рідини від рівня власного занурення до поверхні.

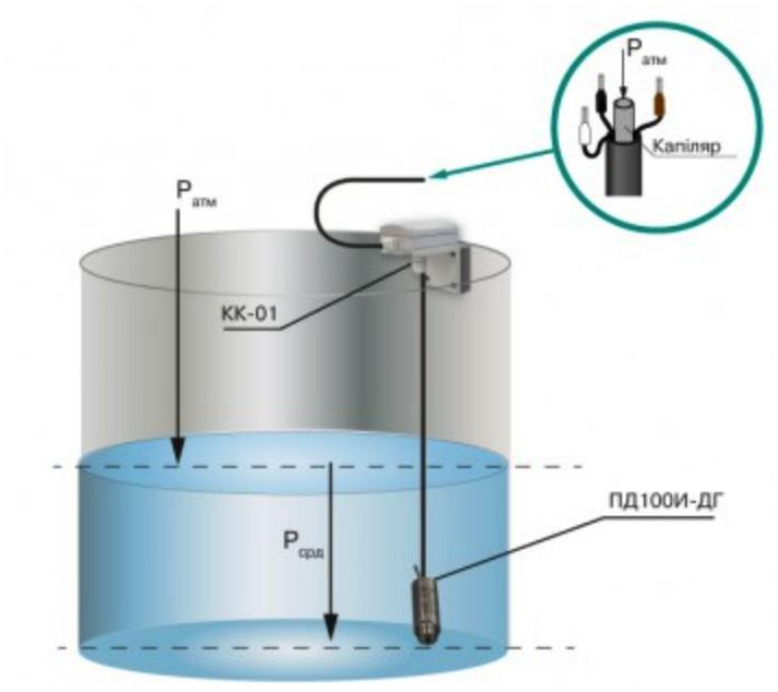


Рисунок 2.4 – Принцип роботи гідростатичного датчика

У перетворювачів надлишкового тиску на чутливий елемент – мембрану сенсора рис.2.5) – з двох сторін впливають тиск вимірюваного середовища (Рсрд) і опорний атмосферний тиск (Ратм). Тиск вимірюваного середовища подається через отвір в штуцері, що знаходиться в торці датчика. Для подачі атмосферного тиску на сенсор у перетворювачів надлишкового тиску загальнопромислового виконання на корпусі або в електророз'єднувачі є вентиляційний отвір.

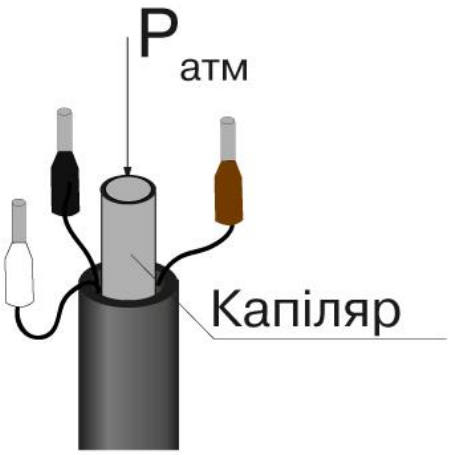


Рисунок 2.5- Чутливий елемент [17]

У гідростатичних датчиків тиску для подачі атмосферного тиску на сенсор в спеціалізованому гідрометричному кабелі (електророз'єднувачі) є пустотіла трубка.

Під час вибору гідростатичного методу вимірювання рівня потрібно враховувати, що цей метод застосуємо лише в середовищах з однорідною густиною, а якщо густина змінюється, то потрібно перераховувати результати.

Такі датчики застосовуються у свердловинах, водонапірних баштах і великих резервуарах.

2.2.5 Радіолокаційний метод

Радіолокаційний метод - це сучасний, безконтактний (переважно) спосіб вимірювання, що базується на використанні радіохвиль (мікрохвильового випромінювання) для визначення відстані до поверхні продукту. Цей метод широко використовується в промисловості для контроля рівня майже всіх типів рідин, включаючи агресивні та в'язкі. Передавач випромінює радіолокаційні хвилі від зонда або антени в рідину. Коли радарні

хвилі потрапляють на поверхню рідини, вони відбиваються назад до передавача. Аналізуючи час, потрібний для повернення радарних хвиль, передавач обчислює відстань від зонда до поверхні рідини, таким чином визначаючи рівень рідини.

Передавачі рівня GWR підходять для застосувань, де можливий прямий контакт із рідиною та де такі умови, як хвилювання, піна чи пара, не впливатимуть на точність вимірювання. Вони зазвичай використовуються в резервуарах або посудинах з відносно простою геометрією, де рідина, що вимірюється, сумісна з матеріалом зонда або антени.

Такі датчики здатні працювати при високих температурах, тиску у запиленому середовищі та вибухонебезпечних умовах. Вони є дорогими, однак мають дуже високу точність і надійність.

2.2.6 Електродний метод

Електродний метод базується на електропровідності рідини. При контакті рідини з електродами між ними виникає електричний струм.

У резервуар занурюють електроди (датчики): один або кілька сигнальних та один загальний (корпус ємності або заземлений електрод). Коли рівень рідини досягає електрода, електричний ланцюг між сигнальним електродом і загальним електродом замикається через рідину.Електронний блок фіксує появу струму (омічна провідність) і сигналізує про досягнення певного рівня.

До переваг цього методу можна віднести простоту, надійність, легкість реалізації та низьку вартість. Цей метод використовується лише для провідних рідин.

Саме цей метод використовується у розробленому сигналізаторі рівня рідини.

Таблиця 2.1 -Порівняльна характеристика методів вимірювання рівня рідини

Метод	Переваги	Недоліки
Поплавковий	Простота конструкції, наочність; сучасні магнітострикційні виконання дають безперервний високоточний сигнал рівня. Не потребують зовнішнього живлення у випадку простих покажчиків	Механічні рухомі частини – зношуються, можуть заклинювати у в'язких чи забруднених середовищах; потребують введення в ємність (проникнення через стінку); складно застосовувати при високому тиску або в агресивних рідинах
Ємнісний	Відсутність рухомих частин – довговічність конструкції; придатність для різних рідин і навіть сипучих матеріалів. Відносно невисока вартість та широкий діапазон робочих температур	Потребує контакту з рідиною (занурення щупів); чутливий до налипання продукту на електродах; залежить від діелектричної проникності рідини і її змін. Вимагає калібрування (на «порожній» і «повний» рівень), складність експлуатації при значних змінах температури чи вологості

Гідростатичний	Простота і надійність; низька ціна датчиків; універсальність для більшості рідин; низьке енергоспоживання, можливість вимірювання у герметичних резервуарах без проникнення зверху	Контакт із середовищем – вимагає матеріалів, стійких до корозії; похибка при зміні густини рідини (потрібне внесення поправок або вимірювання густини); необхідність періодичної повірки. Може мати підвищений відсоток відмов у агресивних рідинах (корозія мембрани, протікання через кабельний ввід)
Ультразвуковий	Безконтактний метод: датчик не занурений у рідину, що ідеально для агресивних, гарячих, токсичних рідин. Немає рухомих частин: мінімальне обслуговування, довгий строк служби. Відносно невисока вартість порівняно з радаром. Універсальність: підходить для більшості рідин, а також може застосовуватися для сипких матеріалів	Перешкоди для звуку: піна на поверхні, густий пар або сильна турбулентність можуть поглинати чи розсіювати ультразвук, спотворюючи вимір. Обмежена дальність: типово до ~30 м для стандартних датчиків; на малих відстанях наявна «мертва зона». Вимагає вільного простору: установка повинна забезпечити «поле зору» без перешкод – конструкції всередині резервуара (труби, мішалки тощо) можуть давати

		хибні відбиття, що потребує налаштування фільтрів ехо
Радарний	Не залежить від властивостей рідини: на відміну від ультразвуку, відбивання радіохвиль визначається діелектричною проникністю, тому метод не чутливий до змін густини чи в'язкості продукту. Працює в екстремальних умовах: датчики витримують високі температури (до кількасот °C) і тиски, можуть вимірювати рівень крізь пару, вакуум, інертний газ. Висока точність і дальність: сучасні радари забезпечують	Висока вартість: радарні рівнеміри значно дорожчі за ультразвукові. Чутливість до діелектричної проникності: для дуже низьких ε (менше ~1.5, наприклад, зріджені гази, легкі вуглеводні) сигнал може частково проходити крізь межу «повітря – рідина» і відбиватися від дна, що ускладнює вимір. Необхідність налаштування: потребує більш складної електроніки та конфігурації (задані «мертві зони» зверху і знизу бака, калібрування під геометрію ємності)

	стабільну роботу на десятки метрів, доступний вільний вибір діапазону вимірювання	
Електродний	Проста та надійна конструкція. Низька вартість. Можливість створення багатоточкового контролю (кілька електродів на різній висоті).	Поляризація електродів: при використанні постійного струму електроди можуть поляризуватися, що спотворює результати. Забруднення та корозія: електроди можуть покриватися нальотом, кристалами або окислюватися, що потребує регулярного обслуговування. Обмеження по типу рідини.

2.3 Розробка структурної схеми пристрою

Запропонований пристрій призначений для автоматичного контролю рівня води в ємності та світлової сигналізації рівнів (рис. 2.6).

Блок живлення забезпечує перетворення мережевої напруги 220 В у низьковольтну постійну напругу, необхідну для роботи електронної схеми.
В якості датчиків рівня використовуються електроди, які розміщуються у ємності на різних рівнях.
У схемі використовуються:

- загальний електрод;
- електрод нижнього рівня;
- електрод верхнього рівня.

При підвищенні рівня води рідина замикає електроди через свою електропровідність. Це призводить до появи сигналу на вході компаратора.

Компаратор порівнює отриманий сигнал з опорною напругою та формує керуючий сигнал для:

- реле;
- світлодіодної індикації;
- зовнішніх систем автоматики.

Реле використовується для:

- комутації зовнішніх навантажень;
- керування насосами;
- передачі сигналів у систему автоматики.

Використання реле дозволяє електронній схемі керувати потужними навантаженнями.

Світлодіоди забезпечують візуальне відображення поточного рівня рідини. Індикація дозволяє оператору швидко визначити стан системи.

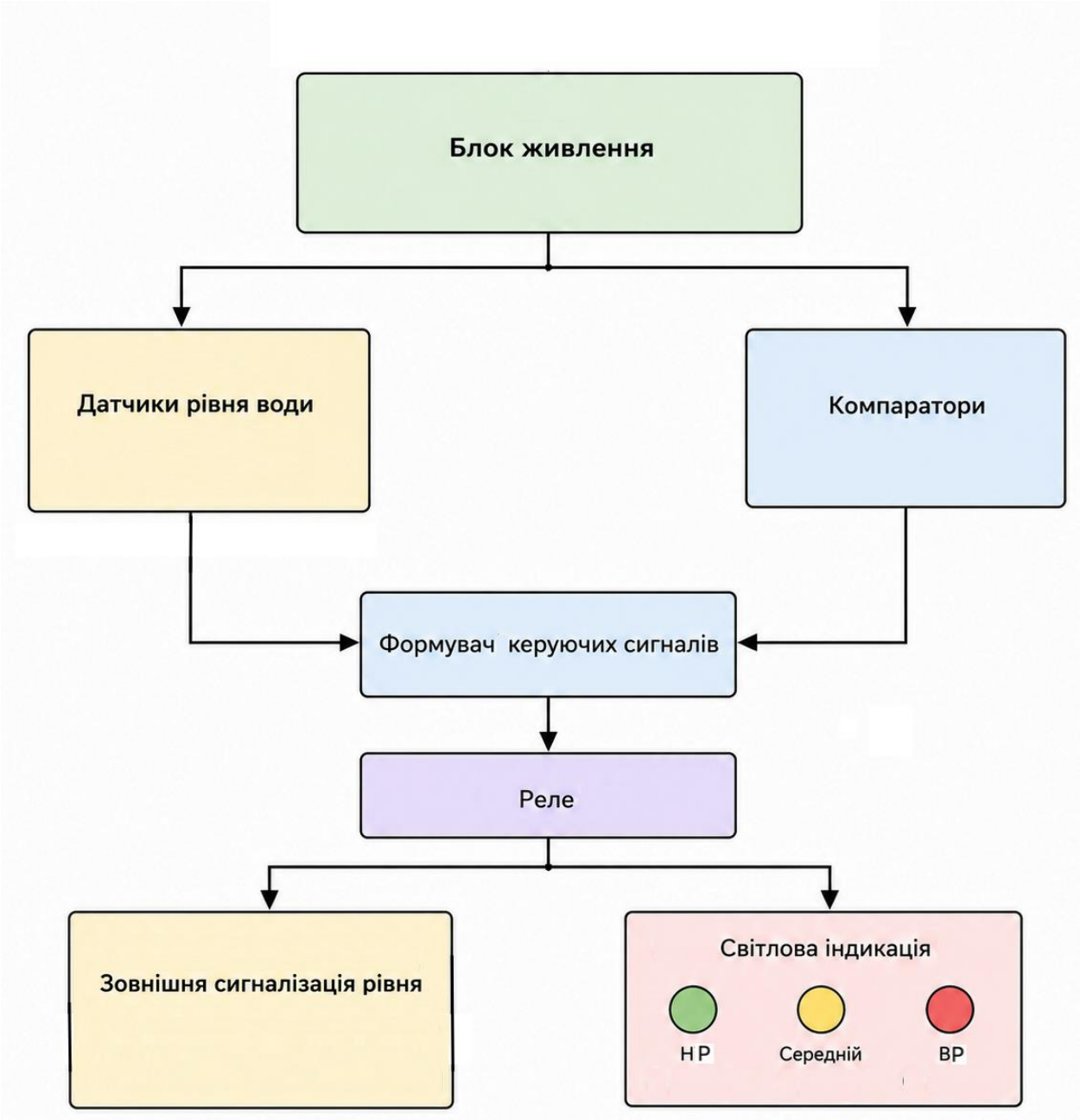


Рисунок 2.6- Структурна схема пристрою контроля рівня рідини

2.4 Обґрунтування та розрахунок компонентів схеми

1. Вибір трансформатора живлення

У схемі використовується понижувальний трансформатор з первинною обмоткою на 220 В та вторинною обмоткою приблизно на 18 В змінної напруги. Такий трансформатор вибрано для електричної розв’язки пристрою від мережі та зниження напруги до безпечного рівня.

Після випрямлення напруга на фільтруючому конденсаторі визначається приблизно за формулою:

$$U_{пост} \approx U_{зм} \times \sqrt{2} - U_{VD}$$

де:

$U_{зм} = 18$ В

$U_{VD} \approx 0{,}7$ В

Тоді:

$$U_{пост} \approx 18 \times 1{,}41 - 0{,}7 \approx 24{,}7 \text{ В}$$

Отже, після випрямлення схема отримує приблизно 24 В постійної напруги. Це відповідає напрузі спрацювання реле К1 і К2, які розраховані на 24 В.

2. Вибір запобіжника FU1

У колі живлення встановлено запобіжник FU1 на струм 0,5 А. Його призначення — захистити схему від короткого замикання або перевантаження.

Потужність:

$$P = U \times I$$

$$P = 220 \times 0{,}5 = 110 \text{ Вт}$$

Фактичне споживання схеми значно менше, тому запобіжник має достатній запас.

3. Вибір компаратора LM339N (рис.2.7)

Мікросхема широко використовується у:

- сигналізаторах;
- системах захисту;
- промисловій автоматизації;
- вимірювальних системах.

LM339N містить чотири незалежні компаратори в одному корпусі. Це дозволяє реалізувати контроль кількох рівнів рідини та формування сигналів для реле й індикації.

- Напруга живлення: працює від 2 В до 36 В (однополярне) або від ±1 В до ±18 В (двополярне).
- Тип виходу: відкритий колектор, вихід може лише «притягувати» сигнал до землі (GND). Для отримання високого рівня на виході обов’язково потрібен підтягувальний резистор (pull-up).
- Низьке споживання струму: приблизно 0.8 мА, що майже не залежить від напруги живлення.
- Сумісність: виходи сумісні з логікою TTL, DTL, ECL, MOS та CMOS.

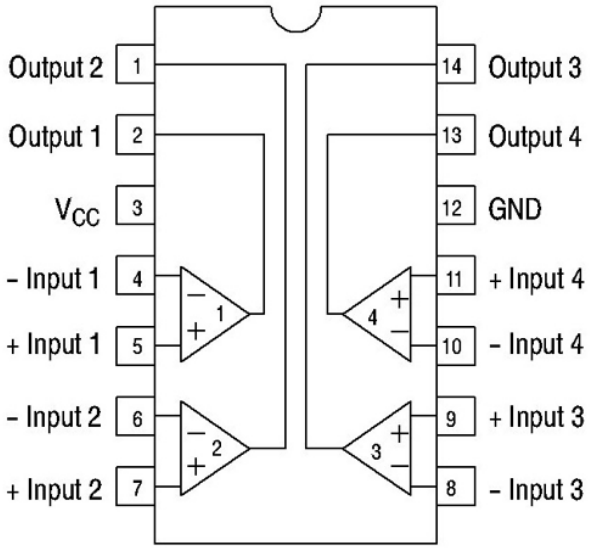


Рисунок 2.7- Компаратор LM339N [18]

Таблиця 2.2- Призначення виводів

PIN		I/O	DESCRIPTION
NO.	NAME		
1	OUTPUT2	O	Output, Channel 2
2	OUTPUT1	O	Output, Channel 1
3	V+	P	Positive Supply
4	INPUT1-	I	Inverting Input, Channel 1
5	INPUT1+	I	Noninverting Input, Channel 1
6	INPUT2-	I	Inverting Input, Channel 2
7	INPUT2+	I	Noninverting Input, Channel 2
8	INPUT3-	I	Inverting Input, Channel 3
9	INPUT3+	I	Noninverting Input, Channel 3
10	INPUT4-	I	Inverting Input, Channel 4
11	INPUT4+	I	Noninverting Input, Channel 4
12	GND	P	Ground
13	OUTPUT4	O	Output, Channel 4
14	OUTPUT3	O	Output, Channel 3

Переваги

• низьке енергоспоживання;

• широкий діапазон напруг живлення;

• висока надійність;

• невелика вартість;

• простота використання.

4. Вибір резисторів у колах датчиків

Резистори R1–R6 обмежують струм через воду та формують сигнали для входів компараторів.

Для резистора 100 кОм:

$$I = U / R$$

$$I = 24 / 100000 = 0{,}00024 \text{ А}$$

$$I = 0{,}24 \text{ мА}$$

Для резистора 51 кОм:

$$I = 24 / 51000 \approx 0{,}47 \text{ мА}$$

Такі струми є безпечними та зменшують електроліз електродів.

5. Вибір фільтруючих конденсаторів

Конденсатори C1, C2, C4 і C5 використовуються для фільтрації сигналів і створення затримки спрацювання.

Постійна часу:

$$\tau = R \times C$$

Для R = 100 кОм та C = 100 мкФ:

$$\tau = 100000 \times 100 \times 10^{-6} = 10 \text{ с}$$

Завдяки цьому схема не реагує на короткочасні перешкоди та коливання води.

6. Вибір реле K1 і K2

У схемі використовуються реле РЭС-32 на 24 В. Вони забезпечують комутацію зовнішніх пристроїв.

Якщо струм одного реле становить 40 мА:

$$P = U \times I$$

$$P = 24 \times 0{,}04 = 0{,}96 \text{ Вт}$$

Для двох реле:

$$P = 1{,}92 \text{ Вт}$$

Реле забезпечують електричну розв’язку між схемою керування та виконавчими пристроями.

7. Вибір світлодіодів

Світлодіоди використовуються для індикації рівня рідини.

Струм через світлодіод:

$$I = (U_{ж} - U_{LED}) / R$$

$$I = (24 - 2) / 2200$$

$$I = 10\ мА$$

Такий струм забезпечує нормальну яскравість індикації.

Вибір елементної бази є обґрунтованим та відповідає вимогам стабільності, безпеки та надійності роботи сигналізатора рівня рідини. Усі компоненти підібрані з урахуванням режимів роботи схеми, напруги живлення та струмів навантаження.

2.5 Розробка схеми електричної принципової

На основі структурної схеми та розрахунку елементної бази розроблена схема електрична принципова пристрою для контролю рівня води в ємності.

Основним елементом схеми є мікросхема LM339N — це чотириканальний компаратор напруги.

Живлення схеми здійснюється від мережі 220 В через понижувальний трансформатор до приблизно 18 В змінної напруги.

Діод VD3 разом із конденсатором C3 утворюють випрямляч та фільтр живлення, які формують постійну напругу для роботи схеми.

У ємності з водою встановлено три електроди:

- загальний електрод;
- датчик нижнього рівня (НР);
- датчик верхнього рівня (ВР).

Принцип роботи базується на електропровідності води. Коли вода торкається електродів, між ними виникає електричний струм.

Резистори R1–R6 та конденсатори C1, C2 формують сигнали для компараторів DA1.1 і DA1.3. Компаратори порівнюють напругу з датчиків із опорною напругою та визначають, чи досягла вода певного рівня.

При досягненні нижнього рівня активується перший канал компаратора:

- спрацьовує реле K1;
- вмикається індикатор “НР”.

При досягненні верхнього рівня активується другий канал:

- спрацьовує реле K2;
- вмикається індикатор “ВР”.

Світлодіоди забезпечують візуальну індикацію поточного рівня води:

- нижній рівень;
- середній рівень;
- верхній рівень.

Реле K1 та K2 можуть керувати зовнішніми пристроями:

- насосом;
- клапаном;
- аварійною сигналізацією.

Діоди VD4 захищають контакти та виходи компараторів від імпульсів самоіндукції котушок реле. Конденсатори C4 та C5 забезпечують фільтрацію перешкод і запобігають помилковим спрацьовуванням через коливання води.

Перевагами запропонованої схеми є:

- простота конструкції;
- невелика кількість компонентів;
- висока надійність;
- можливість автоматизації контролю рівня рідини.

Пристрій може використовуватись для контролю рівня рідини в:

- резервуарах з водою;
- системах водопостачання;
- насосних станціях;

- побутових та промислових системах автоматики.

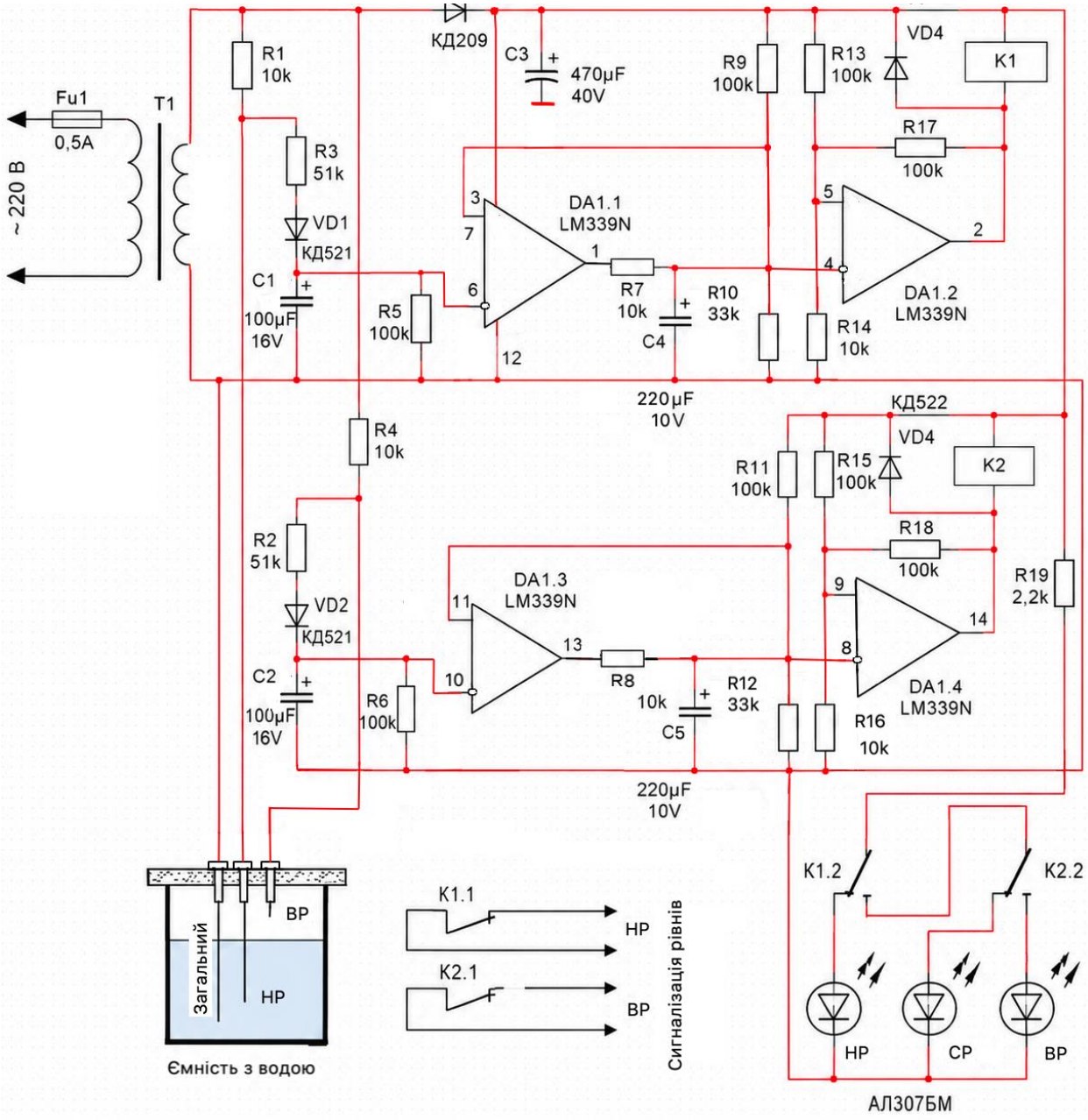


Рисунок 2.8- Схема електрична принципова пристрою для контроля рівня води в ємності

Розроблений сигналізатор рівня рідини забезпечує:

- контроль верхнього та нижнього рівнів;
- світлову сигналізацію;
- керування релейними виходами;
- можливість інтеграції у системи автоматики.

2.6 Моделювання компаратора

Для перевірки роботи схеми було виконано моделювання роботи одного каналу компаратора LM339N в програмі Multisim. Для контролю трьох рівнів (НР, СР, ВР) використовується три аналогічних канали з різними опорними напругами.

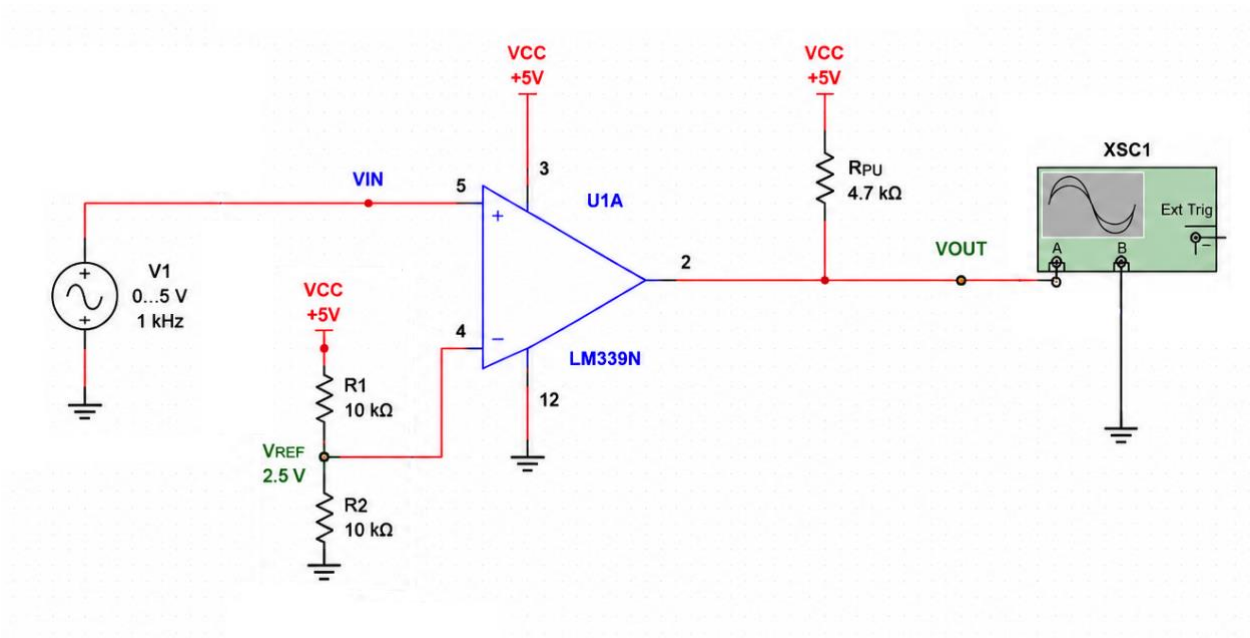


Рисунок 2.9 – Моделювання роботи компаратора

V1- джерело сигналу, що імітує рівень води (0...5 В);

R1, R2 - резистивний дільник для формування опорної напруги 2.5 В;

U1A - компаратор LM339N (один канал);

R_{PU} - підтягуючий резистор для виходу з відкритим колектором;

XSC1 - осцилограф для спостереження вихідного сигналу.

Компаратор порівнює вхідну напругу VIN з опорною напругою V_{REF} (2.5 В);

- Якщо VIN > V_{REF} (2.5 В) - вихід переходить у LOW (≥0 В).
- Якщо VIN < V_{REF} (2.5 В) - вихід переходить у HIGH (=5 В) через RPU.

Зміною амплітуди вхідного сигналу VIN моделюється зміна рівня води.

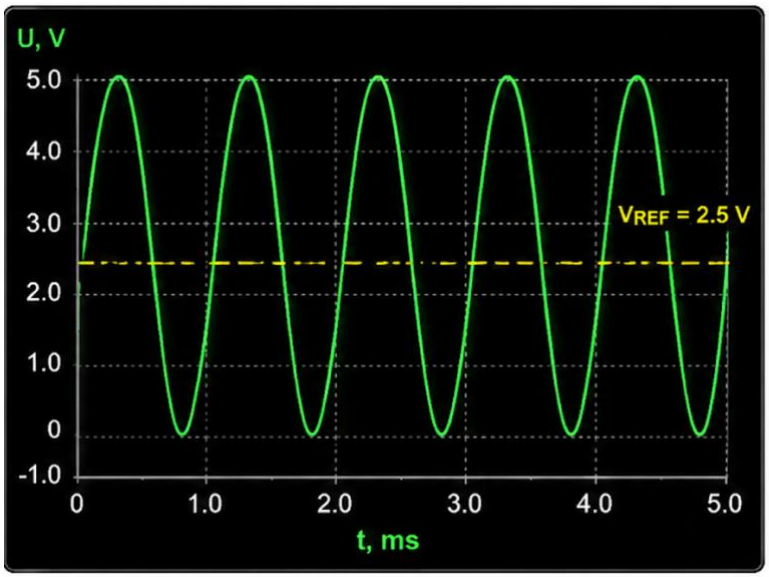


Рисунок 2.10- Вхідний сигнал

Параметри вхідного сигналу (Vin):

- Форма сигналу: синусоїда
- Частота: 1 kHz
- Амплітуда: 2.5 V (пік)
- Зміщення (Offset): 2.5 V
- Діапазон напруги: 0 ... 5 V
- Опорна напруга V_{REF}: 2.5 V

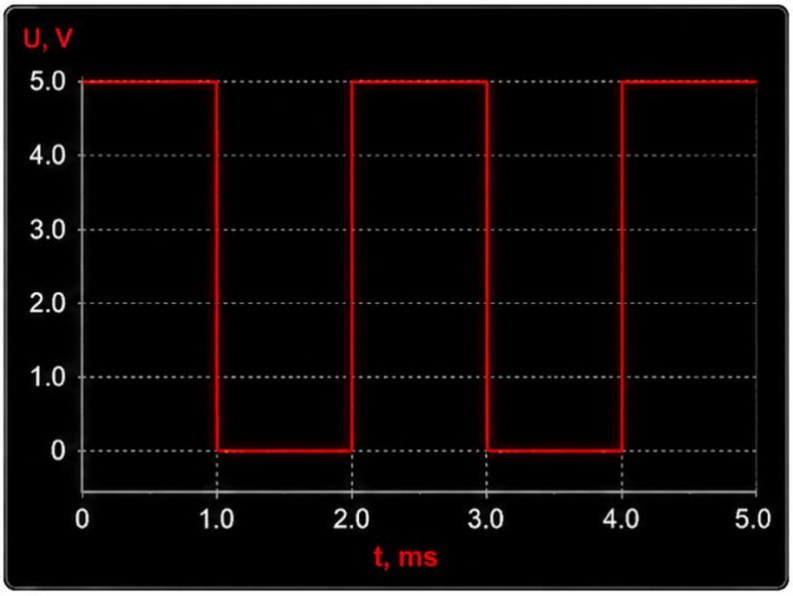


Рисунок 2.11- Вихідний сигнал

Параметри вихідного сигналу (Vout):

- Тип сигналу: прямокутний
- Рівні напруги: 0 ... 5 V

Логіка роботи LM339:

Стан	Параметри вихідного сигналу
VIN < V_{REF} (2.5 В)	≈5 В
VIN > V_{REF} (2.5 В)	≈ 0В

2.7 Розробка топології друкованої плати та 3D моделі пристрою контроля рівня рідини

Процес розробки друкованої плати складається з наступних операцій:

- компонування друкованої плати, в процесі якої знаходять оптимальне розміщення навісних елементів на друкованій платі, згідно електричної

принципової схеми виробу. В результаті компонування знаходять положення контактних майданчиків для підключення всіх елементів;

- розводка друкованих провідників ("трасування"). Мета цієї операції - провести провідники, що з'єднують контактні площадки, так, щоб вони мали мінімальну довжину, і мінімальне число переходів на інші виводи з метою усунення перетинів;

- оформлення креслення з дотриманням вимог стандартів [19].

Компонування радіотехнічного виробу - це розміщення на площині або в просторі різних елементів виробу. Такими елементами можуть бути радіодеталі (резистори, конденсатори, котушки індуктивності і т. д.), функціональні вузли різного конструктивного виконання (модулі, інтегральні мікросхеми, мікроскладення і т. д.), блоки та прилади [20].

В результаті компонування повинні бути визначені геометричні розміри, форма, орієнтовна маса вироби і взаємне розташування всіх елементів в конструкції.

При розробці компоновки радіотехнічного виробу враховують складну сукупність факторів, пов'язаних з особливостями функціонування в експлуатації виробу, електричними взаємозв'язками і тепловими режимами всередині РЕА, геометричними розмірами і формою окремих елементів конструкції.

Тому необхідно виконувати наступні вимоги:

а) між окремими елементами, вузлами, блоками, приладами повинні бути відсутніми паразитні електричні взаємозв'язки, які можуть істотно змінити характер корисних взаємозв'язків і порушити нормальне функціонування виробу;

б) теплові поля, що виникають в РЕА внаслідок перегріву окремих елементів, не повинні погіршувати технічні характеристики апаратури;

в) необхідно забезпечити легкий доступ до деталей, вузлів, блоків в конструкції для контролю, ремонту та обслуговування, враховуючи

розташування елементів, конструкція повинна також забезпечувати технологічність монтажу і збірки з урахуванням використання автоматизації цих процесів;

г) габарити і маса виробу повинні бути мінімально можливими.

Паразитні зворотні зв'язки визначаються взаємним розташуванням окремих частин конструкції і з'єднуючих їх провідників і можуть виникати не тільки між окремими елементами, але і між вузлами, блоками, приладами, що порушує стійкість роботи будь-якої радіотехнічної схеми [21].

В результаті компонування отримали плату (рис.2.12) з одностороннім розташуванням елементів. Габаритні розміри складають 80х110 мм.

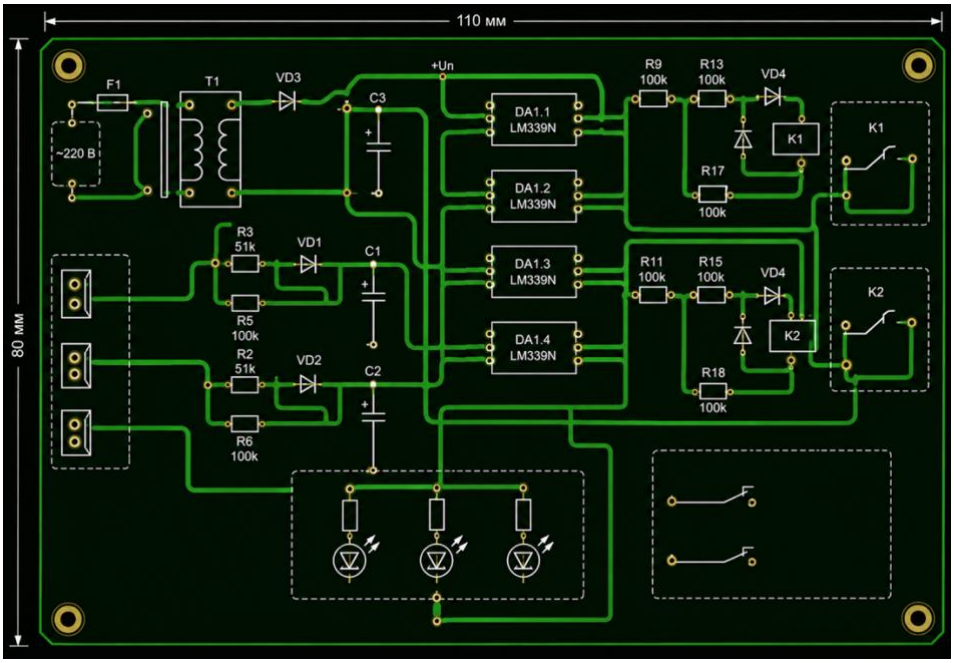


Рисунок 2.11- Топологія друкованої плати

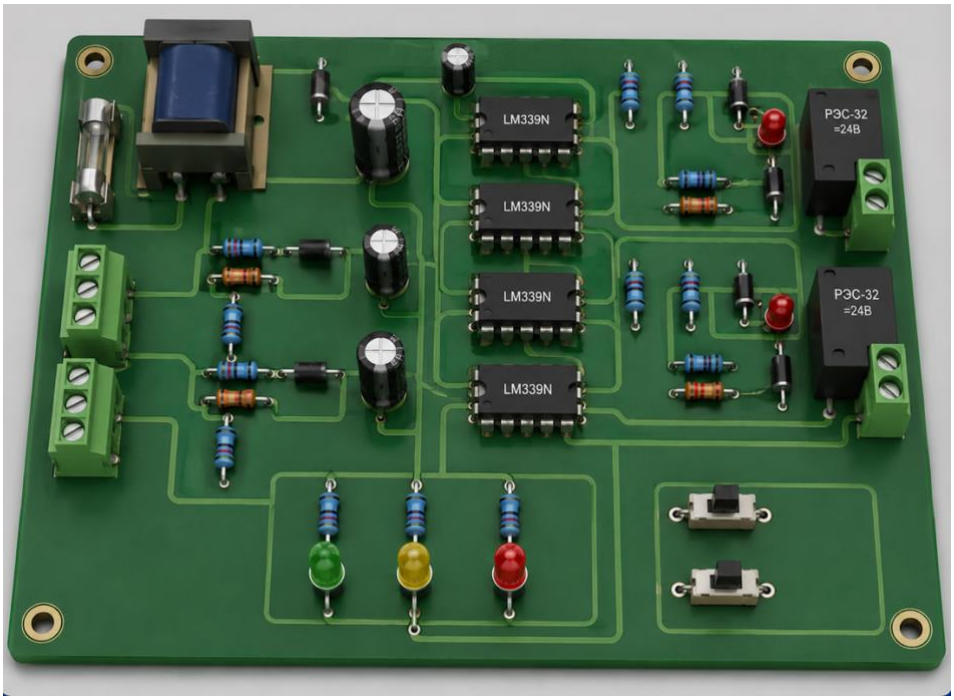


Рисунок 2.12- 3D модель пристрою контроля рівня рідини

Таким чином проведено аналіз основних принципів контролю рівня рідини, методи вимірювання та особливості роботи електродних сигналізаторів.

Було встановлено, що електродний метод є одним із найпростіших та найефективніших способів контролю рівня провідних рідин.

Використання компараторів LM339N дозволяє реалізувати надійну систему сигналізації з мінімальною кількістю компонентів.

Запропонована схема є простою у виготовленні, економічною та придатною для практичного використання у побутових і промислових системах.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

3.1 Характеристика потенційно небезпечних виробничих факторів

При виготовленні пристрою контроля рівня рідини можуть виникнути наступні, потенційно небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

• можливість поразки електричним струмом, що може привести до електричного удару;

• виникнення пожежі при недбалому використання електричних приладів і обладнання;

• виробничий травматизм через недостатню освітленість робочого місця;

• ураження дихальних шляхів і очей під час контакту з волокнистими керамічними матеріалами.

Дія електричного струму на організм людини може викликати різні електричні травми.

Міра тяжкості електричної поразки залежить від ряду чинників: опору тіла, величини, тривалості дії, роду і частоти струму, шляху струму в організмі, стани організму і умов зовнішнього середовища.

Змінний струм більше 25…30 мА представляє серйозну небезпеку; струм більше 50 мА викликає поразки, навіть смертельні; струм 100 мА смертельний.

У випадку виникнення пожежі на виробництві зменшується продуктивність або повністю припиняється робота підприємства, можливі

втрати робочого устаткування, завдання шкоди навколишньому середовищу або здоров'ю працівників.

Виробниче освітлення також має велике значення. При поганому освітленні зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків: до 5 % травм можна пояснити недостатнім освітленням, а в 20 % випадків воно сприяло їх виникненню. Погане освітлення може привести до професійних захворювань: робоча міопія (короткозорість), спазм акомодації, ністагм. У осіб, повністю або частково позбавлених природного світла (по роду роботи або через географічні умови), може виникнути світлове голодування [22].

Волокнисті керамічні матеріали мають наступний склад:.

1. Алюмосилікат (скловидний) 99+ % 1 волокно/см^3 TWA

2. CAS. No. 142844-00-06 10 волокон/см^3 CL

3. Силікат цирконію 0-10% 5 мг/метр кубічний (TLV)

4. Чорне поверхневе покриття 0-1% 5 мг/метр кубічний (TLV)

5. Аморфний кремнезем/діоксид кремнию 0-10% 20 (6 мг/метр кубічний)

6. PEL (OSHA 1978) 3 мг/метр кубічний

7. (Пил який вдихається): 10 мг/метр кубічний

При роботі з даними речовинами слід уникати їх попадання в очі. Вони спричиняють роздратування очей від легкого до помірного. Абразивна дія речовин може викликати ушкодження зовнішньої поверхні очей.

Також складові речовин можуть викликати роздратування дихальних шляхів. Повторне або тривале вдихання зважених часток може викликати запалення легенів, що призводить до болів в грудях, ускладненому диханню, кашлю і можливим фіброзним змінам в легенях (пневмоконіоз).

При контакті може виникнути ускладнення інших захворювань і синдромів: зокрема, підвищення чутливості бронх і хронічних бронхіальних і легеневих захворювань.

3.2 Заходи електробезпеки

Електробезпека це система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого і небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

Електричний струм не виявляється органами чуття людини. Ураження людини електричним струмом небезпечне тому, що електричний струм може виникнути зненацька на металевих неструмопровідних частинах електроустановок, апаратів, механізмів, а також на поверхні землі, коли людина не застосовує засобів захисту.

Ураження електричним струмом відносяться до небезпечних факторів, що відображаються на всьому організмі. Проте всі електротравми умовно поділяють на два основних види: місцеві електротравми, коли виникає місцеве ураження організму, електричний опік, електричні знаки, металізація шкіри; загальні електротравми, коли уражається весь організм людини через порушення нервової системи, нормальної діяльності життєво важливих органів і систем - електричний удар.

Сила електричного струму, що протікає через людину, є основним чинником, що визначає результат ураження електричним струмом. Значення напруги, під якою опинилася людина, і опір її тіла впливають на результат ураження людини лише в тій мірі, в якій напруга та опір людини визначають значення електричного струму, що протікає через людину.

Рід і частота електричного струму впливають на результат ураження людини. Досвід показує, що змінний струм 50 Гц у більшій мірі подразнює організм людини, ніж рівний йому постійний. Однак це має місце лише при напругах до 300 В. Вважається, що при напругах вище 300 В небезпека постійного струму переважає над змінним струмом 50 Гц [23].

Людина випадково торкається при роботі струмопровідних частин, в результаті чого через її тіло починає протікати електричний струм. Ступінь ураження електричним струмом пов'язаний з умовами і характером дотику.

Величина струму, що протікає крізь людину, залежить від напруги мережі, режиму нейтралі, стану ізоляції струмопровідних частин, ємкості проводів щодо землі, шляху протікання струму при дотику (однофазний чи двофазний) та інших факторів.

Проте сам факт дотику до електричних струмопровідних ланцюгів ще не дає підстави стверджувати, що цей дотик призведе до електротравми. У випадках, коли послідовно з тілом людини в мережу включається опір ізоляції проводів, струм, що протікає крізь людину, буде на рівні відчутного, а при двофазному дотику струм може досягати за умов особливої чи підвищеної небезпеки смертельних значень.

Ураження електричним струмом в значній мірі залежить від метеорологічних умов виробничих приміщень. Ці умови можуть сприяти збільшенню або зниженню ураження людини електричним струмом.

Підвищена вологість і висока температура повітря під час роботи з технічним електрообладнанням хімічних лабораторій, пари кислот і лугів можуть руйнувати ізоляцію проводів, різко погіршуючи її діелектричні властивості, і, отже, сприяють переходу напруги на неструмопровідні частини електроустаткування.

З другого боку висока температура повітря сприяє рясному потовиділенню, а висока відносна вологість сприяє поганому випару поту із шкіри людини і, отже, зволоженню шкіри людини в процесі роботи. А опір зволоженої шкіри різко знижує загальний електричний опір тіла людини, а це в свою чергу збільшує струм через тіло людини і небезпеку його ураження.

Струмопровідні підлоги - земляні, бетонні, залізобетонні також збільшують небезпеку ураження людини електричним струмом при роботі і технічному обслуговуванні і приладового устаткування виробничих

підприємств. Технічне обслуговування електричних установок на підприємствах часто виконується за таких умов, де можливий одночасний випадковий дотик, з одного боку, до струмопровідної частини, а з другого, до металевих частин електроустаткування, що має добре з'єднання з землею. Зазначені вище умови визначають ступінь небезпеки ураження людини електричним струмом [24].

Одним з основних заходів електробезпеки є застосування ізоляції.

Ізоляція струмопровідних частин електроустановок, а в особливих випадках подвійна чи посилена, перешкоджає появі струму на металевих неструмопровідних частинах електроустаткування, протіканню на землю, а також забезпечує захист людини від впливу електричного струму під час випадкового дотику її до струмоведучих частин.

Захисні огородження і закриття струмопровідних частин у виробничих приміщеннях і електро-приміщеннях виготовляють сітчастими чи дірчастими. У житлових і громадських будівлях, захисні огородження конструктивно виконують так, що зняти їх або відкрити можна лише за допомогою ключів чи інструментів.

Допоміжне електричне з'єднання з землею чи її еквівалентом металевих неструмопровідних частин, що можуть виявитися під напругою має назву захисне заземлення.

Захисне заземлення має за мету знизити напругу дотику між корпусом електроустановки і землею до 42 В, і менше, що виникає в результаті ушкодження чи пробою ізоляції струмопровідних частин. Захисне заземлення варто відокремити від заземлення для захисту від розрядів статичної й атмосферної електрики.

Допоміжне з'єднання з землею нейтральних точок обмоток генераторів, силових і вимірювальних трансформаторів, дугогасних апаратів та інших ланцюгів для забезпечення нормальної роботи електроустановок називається

робочим заземленням. Заземлення для захисту від розрядів статичної й атмосферної електрики здійснюється для відводу цих зарядів у землю [25].

Розрахуємо опір захисного заземлення.

Заземлююче обладнання використовує природні заземлювачі (частини металевих конструкцій, що перебувають у землі), обмірюваний опір розтіканню яких $R_е$=25 Ом.

Необхідний опір захисного заземлюючого обладнання для цього випадку (відповідно ДО ДЕРЖСТАНДАРТУ 121.038-81) повинне бути не більш 4 Ом. Отже, додатково до природного заземлювача монтується штучний з вертикальних сталевих стрижнів довжиною L=2,5 м, діаметром 15 мм, верхні кінці яких з'єднуються сталевою смугою перетином 20х4 мм^2, покладеної в ґрунт (суглинок) з питомим опором ρ=120 Ом·м і на глибині t=0,5 м.

Контурний заземлювач розміщається по периметру будинку підприємства, довжина якого $L_г$=70 м.

При відстані між заземлювачами а=5м необхідна кількість вертикальних електродів складе:

$$n= L_г/a=70/5=14 \text{ штук} \qquad (3.1)$$

Необхідний опір штучного заземлюючого обладнання:

$$R_{і.тр}= R_е R_з/(R_е-R_з)=25\cdot4/(25-4)=4{,}76 \text{ Ом} \qquad (3.2)$$

Опір розтіканню вертикальних ($R_в$) і горизонтальних ($R_г$) електродів визначається по формулах:

$$R_в=(\rho/2\pi L) \cdot (\ln(2L/d)+1/2\ln((4t+L)/(4t-l)))= \qquad (3.3)$$

$$=120/2/2.5/3.1415\cdot (\ln (2\cdot2.5/0{,}015)+0.5\cdot\ln((4\cdot1.75+2.5)/(4\cdot1.75-2.5)))=42 \text{ Ом};$$

$R_г=\rho/(2\pi L_г)\ln 2L_г^2/bto=120/(2\cdot 3{,}1415\cdot 70)\ln 2\cdot 70\cdot 70/(0{,}004\cdot 0{,}5)=4.2$ Ом, (3.4)

де ρ – розрахунковий питомий опір ґрунту, Ом·м:

$L_г$ – довжина горизонтального заземлювача;

b – ширина смуги, м;

t_o – глибина закладення смуги горизонтального заземлювача, м;

t - глибина закладення вертикального заземлювача;

d – діаметр вертикального заземлювача, м.

Коефіцієнти використання електродів $\eta_з = 0.66$ і $\eta_c = 0.36$

Опір розтіканню групового штучного заземлювача визначається по формулі :

$$R_и= R_г R_в/(R_г \eta_c+ R_в \eta_з n)=42\cdot 4.2/(0.36\cdot 42+4.2\cdot 0.66\cdot 14)=3.27 \text{ Ом.} \quad (3.5)$$

Цей опір менше заданого (4.76 Ом), що значно підвищує безпека.

Загальний опір заземлюючого обладнання:

$$R_{з.д}=R_e R_и/(Re+R_и)=25\cdot 3.27/(25+3.27)=2.9 \text{ Ом,} \quad (3.6)$$

що менше необхідного за ДСТ 121.030-81 [26].

3.3 Заходи пожежної безпеки

Протипожежний захист підприємства може включати наступну систему заходів, направлених на попередження виникнення пожеж:

розроблення комплексних заходів забезпечення пожежної безпеки підприємства;

організація і проведення протипожежних інструктажів, проведення спеціального навчання з посадовими особами та працівниками підприємства. Допуск до роботи осіб, які не пройшли навчання, протипожежного інструктажу і перевірки знань з питань пожежної безпеки, забороняється;

встановлення можливості паління, застосування відкритого вогню, побутових нагрівальних приладів;

проведення вогнезахисної обробки дерев'яних конструкцій будівель на об'єктах підприємства згідно з вимогами та рекомендаціями;

розміщення на території і об'єктах підприємства відповідних знаків безпеки;

створення та організація роботи пожежно-технічної комісії підприємства;

інструктаж керівниками робіт, про заходи пожежної безпеки перед початком робіт на об'єктах підприємства;

забезпечення засобами пожежогасіння території та об'єктів підприємства;

обладнання автоматичними установками пожежогасіння та пожежної сигналізації об'єктів підприємства;

створення нормативного запасу води для зовнішнього пожежогасіння [27].

3.4 Освітленість робочого місця

Освітлення виробничих приміщень характеризується кількісними та якісними показниками. До основних кількісних показників відносяться: світловий потік, сила світла, яскравість і освітленість. До основних якісних

показників зорових умов роботи можна віднести: фон, контраст між об'єктом і фоном, видимість.

Для створення сприятливих умов зорової роботи, які б виключали швидку втомлюваність очей, виникнення професійних захворювань – і сприяли підвищенню продуктивності праці та якості продукції, виробниче освітлення повинно відповідати наступним вимогам:

- створювати на робочій поверхні освітленість, що відповідає характеру зорової роботи і не є нижчою за встановлені норми;
- не повинно бути завеликої кількості світла, як від самих джерел освітлення, так і від інших предметів, що знаходяться в полі зору;
- забезпечити достатню рівномірність та постійність рівня освітленості у виробничих приміщеннях, щоб уникнути частої адаптації органів зору;
- не створювати на робочій поверхні різких та глибоких тіней (особливо рухомих);
- повинен бути достатній, для розрізнення деталей, контраст поверхонь, що освітлюються;
- не створювати небезпечних та шкідливих виробничих факторів (шум, теплові випромінювання, небезпечне ураження струмом, пожежо- та вибухонебезпека світильників);

Залежно від джерела світла виробниче освітлення може бути природним, штучним і суміщеним, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним [28].

Природне освітлення має важливе фізіолого-гігієнічне значення для працівника. Воно сприятливо впливає на органи зору, стимулює фізіологічні процеси, підвищує обмін речовин та покращує розвиток організму в цілому. Окрім того, природне світло має і психологічну дію, створюючи в приміщенні для працівників відчуття безпосереднього зв'язку з довкіллям.

Природному освітленню властиві і недоліки:

- воно непостійне в різні періоди доби та року, в різну погоду;

- нерівномірно розподіляється по площі виробничого приміщення;
- при незадовільній його організації може викликати засліплення органів зору.

На рівень освітленості приміщення при природному освітленні впливають наступні чинники: світловий клімат, площа та орієнтація світлових отворів, ступінь чистоти скла в світлових отворах, пофарбування стін та стелі приміщення, глибина приміщення, наявність предметів що перешкоджають проходженню світла через вікно.

Штучне освітлення передбачається у всіх виробничих та побутових приміщеннях, де недостатньо природного світла, а також для освітлення приміщень в темний період доби. При організації штучного освітлення необхідно забезпечити сприятливі гігієнічні умови для зорової роботи і одночасно враховувати економічні показники [26].

Розрахуємо штучне освітлення за методом світлового потоку в цеху, необхідне для створення нормованого освітлення при роботі з деталями. Наприклад робоча поверхня знаходиться на відстані 1,25 м від підлоги. Розмір об’єкта розпізнавання – 1,8 мм; площа цеху – 1900 м^2; висота цеху – 4,5 м.

Метод світлового потоку призначений для розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь. Цей метод дозволяє врахувати як прямий світловий потік, так і відбитий від стін та стелі. Коефіцієнт відбиття: $\rho_{стелі}$ = 50 %, $\rho_{стін}$ = 30 %. Мінімальна освітленість за нормами E = 200 лк.

Розраховують приблизну кількість світильників N загального освітлення у приміщенні за формулою:

$$N = \frac{S}{L^2}, \tag{3.1}$$

де S – площа приміщення, м^2;

L – відстань між рядами світильників; оптимальна відстань між світильником при багаторядному розташуванні, м;

H_P – висота підвісу світильників над рівнем робочої поверхні, м:

$$H_p = H - h_p - h_c, \tag{3.2}$$

де h_p = 1,25 м, висота робочої поверхні над підлогою;

h_c – м, відстань світлового центру світильника від стелі, або:

$$H_P = \frac{L}{1{,}5}, \tag{3.3}$$

$$L = 1{,}5 \cdot H_P = 1{,}5 \cdot (4{,}5 - 1{,}25) = 4{,}875\,\text{м},$$

$$N = \frac{1900}{4{,}875^2} = 80\,\text{шт}.$$

Знаходимо значення світлового потоку для однієї лампи, лм:

$$F_Л = \frac{E_H \cdot S \cdot K_З \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta} \tag{3.4}$$

де $E_н$ – нормована мінімальна освітленість;

S – площа освітлюваного приміщення, м^2;

$K_З$ – коефіцієнт запасу, $K_З$ = 2;

Z – коефіцієнт мінімальної освітленості, для люмінесцентних ламп – 1,1;

N – число світильників;

n – число ламп у світильнику, n = 2;

η – коефіцієнт використання світлового потоку ламп, η = 61 %.

$$F_{Л} = \frac{100 \cdot 200 \cdot 1900 \cdot 2 \cdot 1{,}1}{80 \cdot 2 \cdot 61} = 8565{,}57 \text{ лм.}$$

Виберемо лампу потужністю 100 Вт, тип ДНаТ-100 фактичний світловий потік якої $F_{фак}$ = 9400 лм.

Визначаємо фактичну освітленість, що створює у приміщенні задана система штучного загального освітлення:

$$E_{Ф} = \frac{F_{Л} \cdot N \cdot n \cdot \eta}{S \cdot K_{З} \cdot Z} \tag{3.5}$$

$$E_{Ф} = \frac{9400 \cdot 80 \cdot 2 \cdot 61}{100 \cdot 1900 \cdot 2 \cdot 1{,}1} = 219 \text{ лк.}$$

Порівнюючи значення нормованої освітленості $E_{н}$ = 200 лк та фактичної – $E_{ф}$ = 219 лк, робимо висновок, що фактична освітленість більше нормованої, але оскільки різниця між цими значеннями не перевищує 10 %, то це допустимо.

3.5 Техногенна безпека

Токсикологічні дослідження показують, що з керамічним волокном слід поводитись обережно. Необхідно строго дотримуватися правил техніки безпеки. Зокрема, при роботі з вогнетривким керамічним волокном, незалежно від області використання, слід дотримуватися спеціальних запобіжних заходів

щоб уникнути зайвих порізів або поривів матеріалу для мінімізації утворення зваженого пилу.

Для зменшення можливого подразнення шкіри рекомендується надівати одяг, що повністю захищає тіло. Можливе застосовування одноразового одягу. Робочий одяг слід прати окремо від іншого одягу.

Асоціація IARC опублікувала огляд людських, тваринних і інших важливих експериментальних даних по оксиду кремнію для того, щоб критично оцінити і класифікувати можливість його канцерогенної дії.

Ґрунтуючись на матеріалах цього огляду, IARC класифікувала кристалічний кремнезем як канцероген групи 2А (можлива канцерогенна дія на людей).

Згідно OSHA, допустима межа експонування (PEL) для кристобаліту складає 0,05 мг/м^3 (пил який ми вдихаємо). Порогове значення (TLV) по ACGIH для кристобаліту складає 0,05 мг/ м^3 (пил який ми вдихаємо) (ACGIH 1991-92). У разі вірогідності перевищення граничних рівнів змісту матеріалу в повітрі треба користуватися засобами захисту, схваленими NIOSH або MSHA. Рекомендується наступний мінімальний захист органів дихання для цих концентрацій зважених в повітрі волокон, або кристобаліту :

Приміщення, де проводиться виробництво, компонування і травлення друкованих плат, відносять до вибухонебезпечних, тому що водень, що виділяється при травленні утворює вибухонебезпечну суміш із атмосферним киснем. Однак це може відбутися лише при відключенні вентиляції, тобто при аваріях. По ступеню пожежної небезпеки дане виробництво може бути віднесене до категорії Д, тому що характеризується наявністю тільки неспаленних речовин і матеріалів у холодному стані.

Причинами пожежі в цеху можуть стати:

- коротке замикання в ланцюгах харчування електроустаткування;
- значні перевантаження проводки;

- погані контакти в місцях з'єднання провідників, що приводять до збільшення перехідного опору, на якому виділяється велика кількість тепла;
- недбале поводження з вогнем;
- удари блискавки та інше.

Таким чином, розглянуто основні небезпечні фактори при виготовлені пристрою контроля рівня рідини та розраховані рівень освітлення і захисне заземлення.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Аналіз основних методів вимірювання рівня рідини показав, що електродний є одним із простих та ефективних способів контролю рівня провідних рідин.

Розроблений сигналізатор забезпечує контроль верхнього та нижнього рівнів рідин, а використання компараторів дозволяє реалізувати надійну систему сигналізації з мінімальною кількістю компонентів.

Пристрій дозволяє здійснювати керування релейними виходами, здійснює світлову сигналізацію та має можливість інтеграції у системи автоматики.

Запропонована схема є простою у виготовленні, економічною та може бути використана у побутових і промислових системах водопостачання та водовідведення.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАННОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Датчики. Типи датчиків. URL: http://ua.hlc-metalparts.com/news/types-of-sensors-17606114986943488.html (дата звернення грудень 2025 р.).
2. Поплавковий метод вимірювання рівня рідини. Акутек. URL:https://aqteck.ua/ua/news/poplavkovyj-metod-vymirjuvannja-rivnja (дата звернення січень 2026 р.).
3. *Peterson S.* Radar vs. Ultrasonic Level Sensors: Comparing the Advantages and Disadvantages to Find the Best Solution for Reliable Level Measurement. 2022.
4. Woolf P. Датчики рівня. *Динаміка та контроль хімічних процесів*. 2022. Розд. 3–4.
5. *Rekuviene R.* Ultrasonic Technique for Density Measurement of Liquids in Situ Extreme Conditions. *Sensors.* 2015. № 15. P. 20379–20393.
6. Кузьмін О. В., Мельник І. П. Основи електроніки та мікросхемотехніки : навч. посіб. Львів : Новий Світ-2000, 2010. 400 с.
7. Бойко В. І. Напівпровідникові прилади : підручник. Київ : Либідь, 2007. 368 с.
8. Зайцев В. М. Електронні пристрої автоматики : навч. посіб. Харків : ХНУРЕ, 2012. 280 с.
9. Грабовський В. А. Датчики та перетворювачі фізичних величин : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 240 с.
10. Стадник М. І. Основи електроніки та мікросхемотехніки : підручник. Львів : Новий Світ-2000, 2020. 400 с.
11. Биков В. П. Основи автоматизації виробничих процесів : навч. посіб. Київ : Техніка, 2020. 312 с.

12. Кузьмін О. Є. Датчики та вимірювальні пристрої : підручник. Львів : Новий Світ-2000, 2019. 428 с.
13. Назаренко С. А. Основи метрології та вимірювальної техніки : навч. посіб. Харків : Фоліо, 2021. 356 с.
14. Fraden J. Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications. 5th ed. Cham : Springer, 2021. 758 p.
15. Bentley J. P. Principles of Measurement Systems. 4th ed. London : Pearson Education, 2019. 640 p.
16. Morris A. S., Langari R. Measurement and Instrumentation: Theory and Application. 2nd ed. Amsterdam : Academic Press, 2020. 696 p.
17. Трофименко Ю. В. Автоматизація технологічних процесів : навч. посіб. Київ : Ліра-К, 2022. 290 с.
18. Пістун Є. П., Матіко Ф. Д. Технічні вимірювання та прилади : підручник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2020. 408 с.
19. Webster J. G., Eren H. Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook. 2nd ed. Boca Raton : CRC Press, 2021. 1632 p.
20. Технічна документація промислових датчиків рівня рідини Siemens, Endress+Hauser, Omron.
21. Виготовлення друкованих плат для електроніки. URL: https://renome.biz/uk/index.php?route=news/article&news_id=61 (дата звернення квітень 2026 р.).
22. Виробнича санітарія та гігієна. URL: https://pidru4niki.com/15060913/bzhd/virobnicha_sanitariya_gigiyena (дата звернення: квітень 2026 р.).
23. Про затвердження правил пожежної безпеки в Україні. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15/ed20230407#Text (дата звернення: травень 2026 р.).

24. ДБН В 1.1-7:2016 Пожежна безпека. Загальні вимоги [Чинний від 01.06.2017] Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017, 38 с.
25. Основи охорони праці: навч. посіб. / Р.М. Івах та ін. 4-те вид. Київ: Кондор, 2010. 464 с.
26. Грибан В. Г., Фоменко А. Є., Казначеєв Д. Г. Безпека життєдіяльності та охорона праці : підручник. Дніпро : Дніпропетровський державний університет внутрішніх справ, 2022. 388 с. URL: https://fpk.in.ua/images/biblioteka/2FMB_Pravo/Hryban.-2022-Pidruchnyk-BZHD-ta-OP.pdf (дата звернення: травень 2026 р.).
27. Сокуренко В. В. Безпека життєдіяльності та охорона праці : навч. посіб. Київ. 2021. 300 с. URL: https://www.tkfk.te.ua/wp-content/uploads/2024/02/Сакуренко-БЖД.pdf (дата звернення: травень 2026 р.).
28. Курепін В. М. Основи охорони праці. Пожежна безпека на виробничих об’єктах: конспект лекцій. Миколаїв : МНАУ, 2021. 45 с. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/9874/1/osnovi-ohoroni-praci-tema-10.pdf (дата звернення: травень 2026 р.).