

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інформаційних технологій

Кафедра інформаційно - вимірювальних технологій

Білобровка Дмитро Петрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 535.65

(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Розроблення інформаційно-вимірювальної системи для перевірки і калібрування
засобів вимірювання тиску

(назва роботи)

Метрологія та вимірювальна техніка

(назва освітньої програми)

152. Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

(шифр і назва спеціальності)

Білобровка Д. П.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Кононенко Марина Андріївна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

О.Є Середюк.

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Івано-Франківськ

2024

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)
Інститут інформаційних технологій
Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій
Освітній рівень магістр
Спеціальність метрологія та вимірювальна техніка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
ІВТ

Середюк

О.Є.

« » 2023

року

**З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Білобровка Дмитро Петрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення інформаційно-вимірювальної системи для перевірки і калібрування засобів вимірювання тиску.
керівник роботи Кононенко Марина Андріївна, к.т.н., доцент,
затверджені наказом закладу вищої освіти від "15" грудня 2023 року № 734/7
2. Строк подання студентом роботи 30.01.2024 року
3. Вихідні дані до роботи: Розрахунок потреб висуваючих до АЦП 2/6, 3/6, 1/6
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1..Технічно складні об'єкти, класифікація, принцип роботи, характеристики. 2.Аналіз методів вимірювання тиску на технічно складних об'єктах 3.Розробка системи для перевірки і калібрування засобів вимірювання тиску.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) _____
 1. МР.МТТм-02.00.00.001 – Елементи матриці кореляційних похибок фільтрації
 2. МР.МТТм-02.00.00.002 – Результати математичного моделювання для сигналів із деякою аномалією
 3. МР.МТТм-02.00.00.003 – Результати математичного моделювання для суми гармонійних сигналів
 4. МР.МТТм-02.00.00.004 – Структурна схема модуля для вимірювання тиску
 5. МР.МТТм-02.00.00.005 – Принципова схема модуля для вимірювання тиску

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормо-контроль	Лютак З. П., професор кафедри		

7. Дата видачі завдання 15.10.2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Технічно складні об'єкти, класифікація, принцип роботи, характеристики	12.11.-30.11.2023р.	
2.	Аналіз методів вимірювання тиску на технічно складних об'єктах	1.15.-15.12.2023р.	
3.	Розробка системи для повірки і калібрування засобів вимірювання тиску	16.12.-31.12.2023р.	
4.	Висновки по роботі	01.01.-05.01.2024р.	
5.	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини	15.01.-10.01.2024р.	

Студент _____

Білобровка Д.П.

підпис)

(прізвище та ініціали)

(

Керівник роботи _____

Кононенко М.А.

підпис)

(прізвище та ініціали)

(

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ТЕХНІЧНО СКЛАДНІ ОБЄКТИ, КЛАСИФІКАЦІЯ, ПРИНЦИП РОБОТИ, ХАРАКТЕРИСТИКИ	9
1.1 Поняття технічно складного об'єкту	9
1.2 Поняття складності та унікальності технічно складного об'єкту	14
1.3 Загальна характеристика вимірювальних каналів тиску та вимоги, що до них пред'являються	15
2 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ТИСКУ НА ТЕХНІЧНО СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТАХ.....	19
2.1 Класифікація методів повірки засобів вимірювань.....	20
2.2 Класифікація вимірювальних перетворювачів тиску	20
2.3 Класифікація датчиків тиску за принципом дії...	21
2.4 Класифікація систем для перевірки та калібрування давачів тиску	24
2.5 Системи перевірки та калібрування датчиків тиску	25
2.6 Вибір АЦП	39
3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ДЛЯ ПОВІРКИ І КАЛІБРУВАННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ТИСКУ	44
3.1 Вибір способу повірки.	44
3.2 Вибір мікропроцесора.....	46
3.3... Розрахунок цифрового тракту	48
ВИСНОВКИ.....	52
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА.....	53

ВСТУП

Актуальність теми. До основних параметрів, які потрібно контролювати в технічних процесах практично всі галузі промисловості, безумовно відноситься тиск. Це стосується підприємств паливно – енергетичного комплексу, нафтодобувних і переробних галузей, машинобудування, металургії, харчової і медичної промисловості і інших напрямів народного господарства.

Недостатня увага до контролю даного параметра може викликати порушення течії технологічного процесу на промислових підприємствах, що може призвести до аварії, часто з важкими наслідками. Тому що сучасна промисловість, а також наукова сфера гостро потребує в точних і надійних приладах вимірювання тиску.

З розвитком економіки потреба в таких приладах постійно нарощується, і одночасно зростає потреба до проведення якісної і сучасної повірки давачів тиску. При цьому всю велику роль відіграє автоматизація цього процесу.

Автоматизація – це застосування комплексу засобів, що дозволяють виконувати виробничі процеси без участі людини, але під її контролем. По порівнянні з ручною повіркою – автоматизація, безсуперечно, має ряд переваг, найголовніше всього це усунення різних помилок, зв'язаних з суб'єктивними причинами, крім того, автоматизація призвана підвищати продуктивність роботи повірника. Сучасні засоби автоматизації доступні на ринку, які нам вдалося проаналізувати, або достатньо дорогі і складні у виконанні, або не забезпечують потрібну точність вимірювання. Деякі із них не забезпечують достатній рівень автоматизації (наприклад, потребують ручної подачі тиску).

Таким чином, розроблення простого у використанні, недорогого і точного автоматизованого інформаційно – вимірювального комплексу для повірки давачів тиску являється актуальною інженерною задачею, рішення якої і присвячена дана робота.

Мета роботи полягає розробленні інформаційно-виміральної системи для здійснення повірки та калібрування засобів вимірювання тиску з метою забезпечення належної точності вимірювань у технічно складних об'єктах.

Задачі дослідження. Для розв'язку поставленої задачі необхідно виконати такі завдання:

- провести аналіз сучасних методів повірки і калібрування засобів вимірювання тиску;
- розробити структурну схему засобу, згідно з одержаними вхідними даними;
- здійснити вибір елементів бази проектованого засобу;

Об'єктом дослідження є процес повірки і калібрування засобів вимірювання тиску.

Методи дослідження: теорія вимірювань, математичні алгоритми обробки результатів вимірювань та теорія імовірності.

Практична новизна роботи відображена у проведеному аналізі засобів вимірювання тиску та методів і засобів їх повірки та калібрування, що дозволило розробити засіб для контролю метрологічних характеристик перетворювачів тиску. Результати роботи можуть бути використані у навчальному процесі.

1 ТЕХНІЧНО СКЛАДНІ ОБ'ЄКТИ. КЛАСИФІКАЦІЯ, ПРИНЦИП РОБОТИ, ХАРАКТЕРИСТИКИ

Серед безлічі об'єктів промислової діяльності є такі об'єкти які можуть за деяких умов створювати небезпечну ситуацію що може призвести до негативних наслідків і навіть аварійних випадків. Дуже часто це трапляється на таких об'єктах що мають у своєму розпорядженні для різних потреб виробництва шкідливі та небезпечні речовини або біохімічні препарати. Такі об'єкти через свою небезпеку вважають дуже складними і в першу чергу в технічному сенсі (ТСО).

Такі об'єкти що відносять до складних існують у специфічних режимах та умовах роботи і розміщують їх на спеціальних територіях де є всі необхідні засоби: запобіжні пристрої, відповідне обладнання, належно підготовлений персонал тощо [1].

В Україні до таких підприємств відносять в першу чергу атомні електростанції та підприємства, технологічні процеси яких вимагають застосування у виробництві радіоактивні та шкідливі речовини а також виробничі процеси їхньої переробки. [2].

1.1 Поняття технічно складного об'єкту

До ТСО відносять:

– підприємства які вважають радіаціо-небезпечними (РНО) (рисунок 1.1) являють собою такі об'єкти де для забезпечення технологічного процесу використовують джерела іонізуючого опромінення. До таких об'єктів відносять підприємства з видобування руд що містять елементи ядерного палива а також різноманітні збагачувальні підприємства та підприємства що виготовляють випромінюючі елементи, електростанції що працюють на атомному паливі, лінії електро- та тепло передачі, та інші об'єкти що застосовують атомну електроенергію переробляють її та утилізують радіоактивні відходи. Аварії на

РНО пов'язані з утворенням зон радіоактивного зараження. У деяких випадках при крупних аваріях вони охоплюють великі території, які можуть бути повністю виведені на тривалий час із господарчого обігу. Люди і тварини, що опиняються у межах зон радіоактивного ураження, як правило, отримують радіоактивні ураження різної тяжкості;



Рисунок 1.1 – Фото південноукраїнської АЕС

- Споруди які є гідротехнічними (рисунок 1.2) і призначені для застосування ресурсів води і з метою боротьби із руйнуючим впливом водного лиха. Таким спорудами є дамби, греблі, канали, шлюзи, вали, тунелі, моли, трубопроводи а також сховища води та різноманітні інші споруди. Особливу увагу потребують споруди де можливі аварії через надмірну швидкість течії води;



Рисунок 1.2 – Фото гідротехнічної споруди у м.Запоріжжя

• теплові електростанції, теплоелектроцентралі, газоперекачувальні станції, котельні тощо (рисунок 1.3). Аварії на об'єктах енергетики можуть являти собою пожежі, вибухи котлів і ємностей, що працюють під тиском, газоповітряних сумішей при виході газу у навколишній простір. При масштабних аваріях з газом можливо утворення зон хімічного зараження. Типовими наслідками аварій на потенційно небезпечних об'єктах енергетики є пошкодження і руйнування виробничих будівель і споруд, обладнання, травмування і загибель людей.



Рисунок 1.3 – Фото Придніпровської теплової електростанції

- об'єкти космічної інфраструктури (рисунок 1.4);



Рисунок 1.4 – Наземна радіо лінійна станції

- об'єкти авіаційної інфраструктури (рисунок 1.5);



Рисунок 1.5 – Харківський аеропорт

- метрополітени (рисунок 1.6) тощо.



Рисунок 1.6 – Київське метро

Оскільки подібні об'єкти є системами, то проведемо короткий аналіз поняття системи.

1.2 Поняття складності та унікальності технічно складного об'єкту

Система – це множина елементів, що існують у відношеннях і зв'язках один з одним і створюють визначену цілісність, єдність [3]. Головне для складних систем це наявність взаємодії, зв'язків між елементами, які можуть бути механічними, електричними, інформаційними, квантовими, біологічними тощо.

Один елемент може мати різні види зв'язків з іншими елементами.

Усі ТСО, що були перераховані вище складаються із безлічі механічних, електричних елементів, тощо. Між елементами існують складні зв'язки. Будь який ТСО має у своєму складі вимірювальні інформаційні системи, які отримують інформацію про чисельні значення різних параметрів, що є важливими для функціонування об'єкта. До складу ТСО потрібно включити також біологічні системи: людей, екосистему тощо. Помилки людей можуть приводити до важких наслідків при експлуатації ТСО і, зокрема, вимірювальних систем. І, нарешті, ТСО обов'язково включає абстрактні системи або їх елементи: алгоритми, програми чи ще щось подібне.

У свою чергу, кожен технічно складний об'єкт є унікальним. Кількість ТСО в Україні та в світі, як правило, обмежена. Унікальними є і вимірювальні інформаційні системи, що входять до складу ТСО.

Основними функціями вимірювальних інформаційних систем на ТСО є забезпечення безпеки об'єкта, керування технологічними процесами та забезпечення вимірювальною інформацією систем діагностики.

У теперішніх умовах пріоритетного розвитку таких галузей промисловості, як енергетика, неможливо обійтися без використання надійних систем управління, контролю та діагностування ТСО. Для цього використовуються вимірювальні системи, серед яких дуже важливе місце займають вимірювальні канали тиску (ВКТ). Надалі будемо говорити про тиск, так як дослідження було проведено саме для нього.

1.3 Загальна характеристика вимірювальних каналів тиску та вимоги, що до них пред'являються

Вимірювальна система (ВС) – засіб вимірювання, що представляє собою об'єднання заходів, вимірювальних приладів і інше, що виконують схожі функції, які перебувають в різних частинах певного простору і призначених для вимірювання певного числа фізичних величин в даному просторі.

ВС використовуються для:

- технічної характеристики об'єкта вимірювань, одержуваної шляхом проведення вимірювальних перетворень деякої кількості динамічно змінюються в часі і розподілених в просторі величин;
- автоматизованої обробки отриманих результатів вимірювань;
- фіксування отриманих результатів вимірювань і результатів їх автоматизованої обробки;
- перекладу даних у вихідні сигнали системи.

ВС мають основними ознаками засобів вимірювань і є їх специфічним різновидом.

Найбільшою структурною одиницею, для якої можуть нормуватись метрологічні характеристики, є вимірювальний канал.

Вимірювальний канал (ВК) – функціонально об'єднана сукупність засобів вимірювальної техніки, за яким проходить один послідовно перетворений сигнал.

Типова структура ВК включає в себе:

- первинний вимірювальний перетворювач;
- сполучний компонент вимірювальної системи – технічний пристрій або частина навколишнього середовища, яке призначене або використовується для передачі з мінімально можливими спотвореннями сигналів, що несуть інформацію про вимірювану величину від одного компонента ВС до іншого (провідна лінія зв'язку, радіоканал,

телефонна лінія зв'язку, високовольтна лінія електропередачі з відповідною каналоутворюючою апаратурою, а також перехідні пристрої – кабельні роз'єми, тощо);

- проміжний (уніфікує) вимірювальний перетворювач;
- аналого-цифровий перетворювач;
- процесор;
- цифро-аналоговий перетворювач.

Протяжність ВК може становити від десятків метрів до декількох сотень кілометрів. Число ВК – від декількох десятків до декількох тисяч. Інформація від датчиків передається зазвичай електричними сигналами – струм, напруга, частота проходження імпульсів. У деяких областях вимірювань сучасні датчики мають цифровий вихід. При великій протяжності ВК використовуються радіосигнали. Конструктивно об'єднана або територіально локалізована сукупність компонентів, складова частина ВС, завершальну вимірювальні перетворення, обчислювальні і логічні операції, передбачені процесом вимірювань і алгоритмами обробки результатів вимірювань в інших цілях, а також вироблення вихідних сигналів системи, називається програмно-технічним комплексом (ПТК). Значна частина сучасних ПТК будується на базі контролерів, як правило, модульного виконання, що включають в себе аналого-цифрові і цифро-аналогові перетворювачі, процесор, модулі дискретної (бінарної) інформації (вхідні та вихідні), допоміжні пристрої. Промисловість випускає досить універсальні контролери, ПТК, які можуть використовуватися для автоматизації роботи різних об'єктів. Склад, конфігурація, програмне забезпечення таких комплексів конкретизується з урахуванням специфіки об'єкта. Виділення ВС в окремий вид ЗВ обумовлено рядом їх особливостей, що породжують специфіку їх метрологічного забезпечення.

До числа таких особливостей можна віднести:

- комплектацію ВС як єдиного, закінченого виробу з частин, що випускаються різними заводами-виробниками, тільки на місці експлуатації. У результаті цього відсутня заводська нормативна та

технічна документація (технічні умови), яка регламентує технічні, зокрема, метрологічні вимоги до ВС як до єдиного виробу;

- багатоканальність систем, в результаті чого метрологічного контролю може підлягати не вся ВС, а тільки частина її ВК;

- рознесеність на значні відстані (іноді на десятки, сотні кілометрів) окремих частин ВС і, як наслідок, відмінність зовнішніх умов, в яких вони знаходяться;

- можливість розвитку, нарощування ВС в процесі експлуатації або можливість зміни її складу (структури) в залежності від цілей експерименту, що по суті виключає або ускладнює регламентацію вимог до таких ВС на відміну від звичайних ЗВ (вимірювальних приладів і т.д.), які є завершеними виробами на момент випуску їх заводом-виготовлювачем;

- розміщення окремих частин ВС може бути проведено на переміщаються об'єктах. У результаті одна (передає) частина ВС може працювати з різними прийомними частинами в процесі одного і того ж циклу вимірювань у міру переміщення об'єкта. При випуску і при експлуатації таких ВС заздалегідь невідомі конкретні екземпляри приймальні і передавальної частин, які будуть працювати спільно, тим самим відсутня «стабільний» об'єкт, для якого регламентуються метрологічні вимоги;

- використання первинних вимірювальних перетворювачів, вбудованих в технологічне обладнання, що ускладнює контроль ВС у цілому;

- широке використання в складі ВС обчислювальної техніки, що висуває проблему атестації алгоритмів обробки результатів вимірювань.

Враховуючи складність складових ТСО для функціонування таких систем необхідно розробляти новітні методи та методики діагностики їх елементів.

2 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ТИСКУ НА ТЕХНІЧНО СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТАХ

Вимірювальні дані отримують за допомогою ВКТ, що складаються з вимірювальної лінії (ВЛ) та датчиків тиску (рисунок 2.1). Кількість останніх коливається в межах від 1 до 6. Надлишковість датчиків, що вимірюють один і той же тиск, обумовлена не тільки бажанням підвищити надійність і безпеку ТСО.



Рисунок 2.1 – Вимірювальна лінія на технічно складному об'єкті

Першочерговою задачею є аналіз вимог до вимірювань у зазначених об'єктах що регламентовані законодавством України. Також є потреба звернути увагу на оцінювання невизначеності у цій галузі вимірювань.

2.1 Класифікація методів перевірки засобів вимірювань

Методи повірки є методами передачі розміру одиниць фізичної величини.

Розрізняють такі методи перевірки:

1. Повірка, що проводиться шляхом звірення показань СІ, яке піддається перевірці з еталонним СІ того ж виду, при цьому не використовується компаратор чи прилад порівняння.

2. Повірка шляхом порівняння показань повіреного СІ з еталонним СІ того ж виду з використанням компаратора чи інших засобів порівняння.

3. Перевірка, що проводиться шляхом прямого вимірювання СІ значення фізичної величини, що відтворюється еталонною мірою.

4. Повірка шляхом прямого виміру еталонним СІ значення фізичної величини, яке відтворюється піддається перевірці мірою.

5. Перевірка шляхом непрямого виміру величини, яка відтворює міра чи повіряється прилад.

6. Перевірка за допомогою незалежної (автономної) перевірки.

Методи перевірки, що використовуються на практиці, можуть мати свої особливостями, проте по суті вони можуть бути приведені до одного з перерахованих вище методів.

2.2 Класифікація вимірювальних перетворювачів тиску

У складі датчика тиску є первинний перетворювач тиску, який складається з чутливого елемента та приймача тиску, схеми вторинної обробки сигналу, різних за конструкцією корпусних деталей та пристрої виведення. Одні прилади від інших відрізняються переважно точністю реєстрації тиску, яка, у свою чергу, залежить від принципу перетворення тиску в електричний сигнал: п'єзорезистивний, тензометричний, індуктивний, ємнісний, іонізаційний, резонансний та ін[9].

2.3 Класифікація датчиків тиску за принципом дії

Оптичні

До оптичних датчиків тиску можуть бути віднесені такі датчики, які створені на наступних принципах вимірювання: волоконно – оптичні і оптоелектронні.

Волоконно – оптичні

Ця група датчиків тиску збудована на волоконно – оптичному принципі вимірювання. Такі прилади найбільш точні, крім того, їх функціональність не критично залежить від температури коливань. В складі таких датчиків являється оптичний хвилевід в якості чутливого елемента. Звичайно величину тиску, вимірюється в цих приладах оцінюється по зміні амплітуди і поляризації світла, яке проходить через чутливий елемент.

П'єзоелектричні

П'єзоелектричні датчики мають в складі чутливий елемент, який являється п'єзоелементом – матеріалом, створюючи електричний сигнал при деформації (прямий п'єзоэффект). П'єзоелемент находячись у вимірюваному середовищі буде видавати струм, який пропорційний величині зміни тиску. А так як електричний сигнал в п'єзоматеріалі виділяється тільки при деформації, а при постійному тиску деформація не відбувається, то цей датчик знадобиться тільки для вимірювання скоро змінного тиску.



Рисунок 2.2 - П'єзоелектричний давач

П'єзорезонансні

Давач такого типу також використовують п'єзоэффект. п'єзоелектричних датчиків полягає в тому, що застосовується п'єзоэффект. зворотний - видозміна конфігурації п'єзоматеріалу залежно від струму, що подається. Такі датчики використовують резонатор (наприклад пластину) п'єзо-матеріалу, на яку з обох

боків нанесені електроди. На ці електроди змінно подається напруга різного знака, зі зміною частоти напруги подачі пластина вигинається то в одну то в протилежний бік. Однак, у разі подачі на цю пластину сили, наприклад, чутливою до тиску мембраною, то зміниться частота коливань резонатора. Значення частоти резонатора покажуть величину, з якою тиск тисне на мембрану, ну а мембрана, у свою чергу, чинить тиск на резонатор.

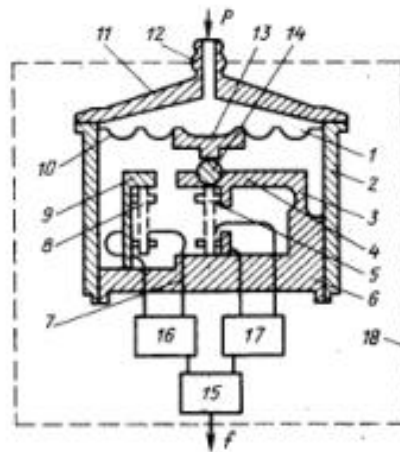


Рисунок 2.3 - П'єзореzonансний давач абсолютного тиску

На рисунку показаний п'єзореzonансний датчик абсолютного тиску.

Датчик зображений у вигляді герметичної камери 1. Досягнення герметичності здійснюється шляхом з'єднання основи 6, корпусу 2, а також мембрани 10, яка зміцнюється до корпусу за допомогою електроннопроменевого зварювання. На базі 6 зафіксовані 2 тримачі: 4 та 9. Утримувач 9, встановлений для кріплення опорного п'єзореzonатора 8. Кріплення тримача 4 до основи здійснюється за допомогою спеціальної перемички 3 і він тримає силочутливий резонатор 5. Крізь втулку 13 мембрана 10 подає напругу на кульку 6, який закріплений у тримачі 4. На силочутливий резонатор 5 кулька 4 подає силу тиску.

На підставі 6 кріпляться дроти 7, які служать для з'єднання резонаторів 5 та 8 з генераторами 17 та 16. Сигнал абсолютного тиску вихідний формується схемою 15 різниці частот генераторів. В активний термостат 18 поміщений датчик тиску з постійною температурою 400 за шкалою Цельсія. Тиск, що замірюється, подається крізь штуцер 12.

Резистивні

По-іншому цей тип датчиків називають тензорезистивний. Чутливий елемент таких датчиків представлений тензорезистором – елементом, який в залежності від деформації змінює свій супротив. Такі тензорезистори установлюють на чутливу до змін тиску мембрану. В результаті, під дією тиску мембрана згинається сама і згинає тензорезистори, закріплені на ній. В результаті, супротив на тензорезисторах змінюється, а також змінюється величина струму.

Ємнісні

Ємнісні датчики мають найпростішу конструкцію. У їхньому складі два плоскі електроди із зазором між ними. Один із таких електродів представлений мембраною, на яку тисне вимірюваний тиск, що призводить до зміни величини зазору. Фактично, ці датчики є конденсаторами з величиною зазору, що змінюється. Ємність конденсатора, як Звісно, залежить від величини зазору. Датчики такого типу фіксують дуже малі зміни тиску.

Ртутні

Також мають просту конструкцію. Принцип роботи заснований на властивості сполучених судин. Вимірюваний тиск тисне на один із таких судин. За величиною ртутного стовпа судять величину тиску.

Резонансні

Резонансний метод зумовлений на хвильових процесах: акустичні або електро – магнітні. Цим і зумовлена висока стабільність датчиків, а також високі вихідні характеристики приладу. До мінусів можна віднести індивідуальну характеристику перетворення тиску, значний час реакції, не

можливість проводити вимірювання в агресивних середовищах без точності показів приладу.

Іонізаційні

Іонізаційний метод заснований на принципі реєстрації потоку іонізованих частинок. Аналогічно влаштовані лампові діоди. Лампа оснащена нагрівачем та двома електродами: катодом та анодом. В деяких лампах нагрівач відсутній, що пов'язано з використанням більш досконалих матеріалів для електродів. Перевага таких ламп полягає у можливості реєструвати з високою точністю низьке тиск - до глибокого вакууму. При цьому необхідно враховувати, що прилади такого типу не можна експлуатувати, якщо тиск у камері близький до атмосферному. У зв'язку з цим такі перетворювачі необхідно поєднувати з іншими датчиками тиску, наприклад, ємнісними. Залежність сигналу від тиску є логарифмічною.

2.4 Класифікація систем для перевірки та калібрування давачів тиску

За призначенням можна виділити:

1. системи, призначені тільки для перевірки (без калібрування) датчиків тиску.
2. системи, призначені як для перевірки, так і для калібрування датчиків тиску.

За ступенем автоматизації:

1. системи із ручним завданням тиску.
2. системи з автоматизованим завданням тиску.

2.5 Системи перевірки та калібрування датчиків тиску

Автоматизована система для повірки та калібрування датчиків динамічного тиску модель K9903C (0-10 бар)

Система калібрування датчиків динамічного тиску (пульсації тиску) модель K9903C - це система "під ключ", що дозволяє проводити прецизійне калібрування та перевірку датчиків тиску в діапазоні 0-10 бар.

Система має робочий об'єм з повітрям під тиском, манометр, два автоматизований клапан регулювання тиску повітря в балоні, а також лінійний швидкохідний клапан для створення імпульсу заданої амплітуди

До складу системи входить актюатор тиску, прецизійний манометр, забезпечення, яке дозволяє отримувати дані вимірювань у режимі реального часу, зберігати їх, а також будувати залежності, визначати чутливість датчиків та перевірку його лінійності;автоматизовані протоколи калібрування та перевірки (див. рисунок 5).



Рисунок 2.4 - Система калібрування датчиків динамічного тиску (Пульсації тиску) модель K9903C.

Система калібрування модель K9903C внесена до Державного реєстру засобів виміру РФ.

Характеристики системи:

- Діапазон тиску: 0 – 10,34 бар;
- Цифровий індикатор рівня;
- Похибка: +/- 0,2%;
- Максимальний тиск: 13,80 бар;
- Час наростання (крок): 5 мсек;
- Цифровий індикатор;
- Розміри: 560x610x610 мм;

- Маса: 23 кг;
- Склад системи:
- Робоча станція для перевірки та калібрування датчиків динамічного тиску;
- Ноутбук з автоматизованим програмним забезпеченням калібрування датчиків тиску;
- Система подачі повітря [11];

ЕЛЕМЕР-АКД-12К, ЕЛЕМЕР-АКД-12К-І - автоматичні калібратори тиску

Автоматичні калібратори тиску ЕЛЕМЕР-АКД-12К та ЕЛЕМЕР-АКД-12К-І призначені для точного відтворення та вимірювання тиску, вимірювання уніфікованих сигналів сили та напруги постійного струму, тестування станів реле та налаштування перетворювачів тиску за цифровим протоколом HART



Рисунок 2.5 - Автоматичні калібратори тиску ЕЛЕМЕР-АКД-12К та ЕЛЕМЕР-АКД-12К-І

Калібратори серії ЕЛЕМЕР-АКД є аналогами контролерів тиску зарубіжного виробництва, здатні швидко та точно відтворювати надлишковий та абсолютний тиск, тиск-розрідження. АКД-12К-І оснащуються

багатофункціональним вимірювальним модулем та застосовуються для автоматизованої перевірки та калібрування перетворювачів тиску та електроконтактних манометрів.

Функціональні особливості

- Кольоровий сенсорний екран із інтуїтивно зрозумілим меню;
- Швидкодіюча система клапанів та зрівняльних ємностей;
- 1 або 2 вбудовані еталонні модулі, барометричний датчик
- (Опція);
- Вбудований калібрувальний-вимірювальний модуль (опція);
- Підтримка цифрового протоколу HART (опція);
- Функція автоматизованої перевірки датчиків, підстроювання струмової петлі та калібрування сенсора (опція);
- Функція тестування реле (опція);
- Гальванічно розв'язане живлення датчиків (опція);
- Повнофункціональне внутрішнє програмне забезпечення.
- Основні характеристики
- Діапазони регулювання тиску:
- 0 ... 120 кПа - ТАК;
- 0 ... 100 кПа - ДІ;
- 0...6 МПа - ДІ;
- -100 ... 600 кПа - ДІВ (0 ...600 кПа - ТАК);
- -0,1 ... 2,5 МПа - ДІВ (0 ... 2,5 МПа - ТАК);
- Основна наведена похибка вимірювання тиску – 0,01% або 0,02% від піддіапазону вимірювання;
- 4 універсальні вимірювальні канали;
- 8 дискретних входів (тест реле);
- Зовнішнє ПЗ для керування приладами, обробки даних, виводу на друк та зберігання протоколів перевірки - надається безкоштовно.[12]

Автоматизована система калібрування датчиків тиску

Система калібрування датчиків тиску призначена для автоматизації процесів градуювання та повірки прецизійних датчиків абсолютного тиску та різниці тисків у нормальних та кліматичних умовах.

До складу системи входять такі пристрої:

- газо-вакуумна система;
- пульт керування;
- камери тепла-холоду;
- силовий пульт;
- стіл оператора.

Система калібрування виконана на базі сучасних комплектуючих виробів вітчизняного та зарубіжного виробництва.

Підсистема формування калібрувальних тисків виконана на базі контролерів тиску DPI 520 фірми Druck (Великобританія), розміщених в термостатованій шафі. Живлення контролерів позитивним тиском осушеного повітря здійснюється від автономного компресора.

Підсистеми отримання опорного вакууму та отримання негативних тисків виконано на базі двокамерних безмасляних спіральних насосів.

TriScroll 600 фірми VARIAN. Газо-вакуумна система забезпечує:

- формування калібрувальних тисків у абсолютному діапазоні тиску до 7 МПа при почерговій роботі контролерів DPI 520;
- граничний опорний вакуум трохи більше 3,5 Па;
- розподіл калібрувального тиску або опорного вакууму за п'яти лініям;
- граничний вакуум у ресивері системи отримання негативного тиску для контролерів DPI 520 на абсолютні тиски 7 МПа, 3,5

МПа та

- 350 кПа - трохи більше 35 Па;
- граничний вакуум у ресивері системи отримання негативного

тиску для контролера DPI 520 на абсолютний тиск 35 кПа – не більше

3,5

Па.

Як камери тепла – холоду використані камери тепла – холоди типу MS-811 фірми Espes (Японія).



Рисунок 2.6 - Автоматизована система калібрування датчиків тиску
Операції, що підлягають виконанню на устаткуванні, та рівень їх
Механізації

На системі калібрування виконуються такі операції:

- завантаження випробуваних приладів – ручне;
- завдання температури випробувань – автоматизована;
- пуск процесу випробувань – ручна;
- перевірка датчиків абсолютного тиску та датчиків різниці тисків – автоматична;
- калібрування датчиків – автоматичне;
- документування результатів випробувань – автоматизована;
- вивантаження випробуваних приладів – ручне [13].

Портативний калібратор ЕЛЕМЕР-ПКД-160

Однією з останніх новинок НВП «ЕЛЕМЕР» є портативний калібратор тиску ЕЛЕМЕР-ПКД-160, призначений для точного вимірювання та відтворення надлишкового тиску до 16 МПа, електричних сигналів сили постійного струму та сигналів перетворювачів тиску еталонних ПДЕ-010. Калібратор випускається у двох версіях – переносний та настільний.



Рисунок 2.7 - Калібратори тиску портативні ЕЛЕМЕР-ПКД-160:

- 1 – переносний,
- 2 – настільний з одним каналом;
- 3 – настільний з двома каналами

Переносний калібратор

Переносна версія є кейсом з вбудованим дволітровим ресивером (балоном) на 20 МПа та акумулятором підвищеної

ємності для забезпечення живлення вбудованого калібрувально-вимірювального пристрою та випробуваного обладнання.

Пневматична система ЕЛЕМЕР-ПКД-160-П має один вихідний канал тиску, регульований за допомогою пневматичного редуктора з клапаном скидання (0...0,6, 0...2,5 або 0)...16 МПа) та поршневого регулятора точної підстроювання. Унікальна конструкція фільтрувальних пристроїв на штуцерах зводить до мінімуму відмови та полегшує очищення калібратора.

Електронна частина пристрою включає:

- 5 гальванічно розв'язаних вихідних каналів живлення 24/36 В для
- випробуваного обладнання;
- 4 вхідні вимірювальні канали уніфікованих сигналів 0...5,

- 4...20 мА для перетворювачів тиску;
- 1 вихідний канал емуляції струму 0...25 мА для тестування систем
- автоматизації та вторинних приладів;
- 2 дискретні входні канали для тестування станів реле;
- інтерфейс RS-232 для отримання даних перетворювачів тиску еталонних ПДЕ-010;
- інтерфейс USB 2.0 для підключення змінних носіїв
- інформації та обміну даними з ПК.

Тепер можна легко і швидко проводити калібрування та випробування вимірювачів тиску однією рукою, заощаджуючи дорогоцінний час. Калібратор повністю автономен і, більше того, дозволяє автоматично помічати показання випробуваного та еталонного пристроїв. Результати вимірювань можна зберігати в власному архіві приладу і будь-якої миті перенести їх на зовнішній носій інформації. Можна також керувати калібратором за допомогою комп'ютера. Нове безкоштовне програмне забезпечення робить роботу з калібратором комфортною та дозволяє автоматично створювати типові протоколи перевірки.



Рисунок 2.8 - ЕЛЕМЕР-ПКД-160-П у режимі перевірки чотирьох перетворювачів тиску з автоматичним формуванням типових протоколів перевірки

Настільний калібратор

Настільна версія калібратора ЕЛЕМЕР-ПКД-160-Н призначена для лабораторного використання та відрізняється можливістю реалізувати два незалежних вихідних каналу тиску, а також наявністю вбудованого компресора для каналів 0...0,6 і 0...2,5 МПа, що дозволяє економити повітря в ресивері.

Для заправки вбудованих ресиверів компанія «ЕЛЕМЕР» пропонує стаціонарну чи переносну компресорні міні-станції. ЕЛЕМЕР-ПКД-160-Н також можна укомплектувати зовнішнім джерелом тиску

(Балон 20 л × 30 МПа).

Для підключення до різних різьбових з'єднань калібратор ЕЛЕМЕР-ПКД-160 може бути укомплектований різними перехідними штуцерами, гребінками для штуцерного та фланцевого підключень. Стоїть відзначити, що всі пневматичні сполуки ЕЛЕМЕР-ПКД-160 реалізовані в вигляді швидкозатискних гайок із самоуцільненням, що дозволяє зібрати пневматичну систему «від руки».



Рисунок 2.9 - Приклади з'єднання датчиків тиску з допомогою додаткових монтажних частин.

Внизу – додаткові монтажні частини для підключення датчиків

тиску:

1 – гребінка для штуцерної сполуки; 2 – блок для штуцерного з'єднання; 3 – гребінка для фланцевого з'єднання

Компактний та легкий корпус, а також можливість виконання калібрування «одною рукою» роблять ЕЛЕМЕР-ПКД-160 ідеальним інструментом для професіоналів, які цінують свій час. Як зразок одиниці значення тиску в ЕЛЕМЕР-ПКД-160 використовуються перетворювачі тиску еталонні ПДЕ-010. Завдяки цифрового виходу ПДЕ-010 можуть застосовуватись як як самостійного високоточного (еталонного) засобу вимірювання тиску, так та у складі ЕЛЕМЕР-ПКД-160. ПДЕ-010 випускаються в загальнопромисловому, кисневому та вибухозахищеному виконанні. За бажанням замовника перетворювач тиску конструктивно може бути виконаний з поворотним п'ятирозрядним РК-індикатором з підсвічуванням, графічною шкалою та вбудованим акумулятором.



Рисунок 2.10 - Перетворювач тиску еталонний ПДЕ-010:

1 – з індикацією; 2 – без індикації

Модельний ряд ПДЕ-010 включає більше 10 моделей зі наступними верхніми межами вимірів:

- абсолютний тиск: 120 кПа... 2,5 МПа;
- надлишковий тиск: 2,5 кПа... 60 МПа;
- надлишковий тиск-розрідження: -100 ... 600 кПа.

Перед розробниками нового калібратора ЕЛЕМЕР-ПКД-160 ставились завдання забезпечити економію часу для обслуговуючого персоналу та спростити процедури калібрування та повірки датчиків тиску, тестування систем автоматизації та функціонування реле ЕКМ, при цьому додавши максимум зручності для виконання цих операцій, як у лабораторних умовах, так і на місцях безпосередньої експлуатації обладнання. Випробування та дослідна експлуатація показали, що ці завдання виконані. У найближчих планах НВП "ЕЛЕМЕР" випуск калібратора тиску ЕЛЕМЕР-ПКД-160 у вибухозахищеному виконанні, а також розширення лінійки калібраторів за рахунок малогабаритної розробки версії[14].

Комплект обладнання для перевірки засобів вимірювання тиску
Автоматизоване робоче місце (АРМ) повірителя
Комплект обладнання призначений для організації робочого місця
повірителя при проведенні повірки засобів вимірювання тиску,
розрядження та тиску-розрядження.



Рисунок 2.11 - Комплект обладнання на базі ДМ5002М-А

Комплект обладнання на базі ДМ5002М-А дозволяє одночасно повірити до трьох засобів вимірювання тиску з діапазоном вимірювань до 60 МПа (600 кгс/см²) з формуванням, збереженням та створенням бази протоколів перевірки.

Для роботи з комплектом обладнання потрібний комп'ютер (ноутбук). При підключенні більше одного приладу, що повіряється, потрібен колектор. Робочий еталон - цифровий манометр ДМ5002М-А внесено до

Державний реєстр засобів вимірювань за №26407-08.

Методика перевірки робочого стандарту 5Ш0.283.342МП затверджено ВНИИМС.

Функціональні можливості:

- одночасна перевірка до трьох засобів вимірювання тиску
- підтримка двох способів перевірки
- вибір одиниць вимірювання тиску

- формування, збереження та створення бази протоколів перевірки
- автоматичний розрахунок похибок та підтвердження придатності
- засоби вимірювання до застосування або визнання засобу вимірювання
 - непридатним до застосування
 - простота експлуатації
 - легкість транспортування та малі габарити

Основні технічні характеристики

Діапазон вимірювань приладів, що повіряються: (- 0,1-60) МПа

Клас точності приладів, що повіряються: 0,4; 0,6; 1,0 і нижче

Одиниці вимірювання тиску: кПа, МПа, кгс/см² та ін.Інтерфейс:

USB/COM

Комплект обладнання включає:

- - робочі еталони з межею основної похибки, що допускається:
 - $\pm 0,06\%$; $\pm 0,1\%$; $\pm 0,15\%$; $\pm 0,2\%$; $\pm 0,25\%$ (відповідно до моделі, вказаної у таблиці 1)
 - - паспорти до робочих стандартів ДМ5002М-А (за кількістю робочих еталонів);
 - - посібник з експлуатації робочих еталонів ДМ5002М-А (1 екз.);
 - - методика перевірки манометрів цифрових ДМ5002М (1 екз.);
 - - свідоцтва про повірку приладів ДМ5002М-А (за кількістю робочих стандартів);
 - паспорт до комплекту обладнання (1 екз.);
 - посібник з експлуатації комплекту обладнання (1 екз.);

- пристрої для створення тиску (з супровідними
- документами відповідно до моделі);
- компакт-диск із програмним забезпеченням «Повірник» (1 шт.);
- інтерфейсні електричні кабелі (PC4TB-COM – 1 шт.; COMUSB – 1 шт.);
- блок живлення для підключення приладів ДМ5002М-А від джерела
- напруги постійного струму (1 шт.);
- кейс – 2 шт. (Кейс 1 укладаються: робочі зразки, інтерфейсні
- електричні кабелі, блок живлення, компакт-диск із програмним
- забезпеченням "Повірник", елементи живлення (акумулятори); в кейс 2 -пристрій для створення тиску, колектор із заглушками, - набір
- перехідників із прокладками, розділова камера).На замовлення комплект обладнання може також включати:
- набір перехідників з прокладками з різними
- приєднувальними різьбленнями (відповідно до таблиці 2);
- колектор із заглушками (дозволяє підключати до 4 приладів,
- включаючи робочий стандарт);
- ноутбук;
- розділювальна камера (до 3-х шт.). [15]

3 Вибір та обґрунтування структурної схеми інформаційно-вимірювального комплексу для перевірки датчиків тиску.

Вибір способу перевірки.

Вибір методу перевірки обумовлений технічним завданням, з якого слід, що перевірку датчиків ДМ5001 слід проводити з використанням еталонні датчики ДМ5002

Опис структурної схеми.

Розробимо структурну схему комплексу на підставі

якої надалі розроблятиметься схема принципова.

Зі структурної схеми видно, що сигнали, що надходять з датчиків, оцифровуються та потрапляють на пристрій керування. Дисплей призначений

для виведення отриманої інформації, зручності при налаштуванні пристрою. Блок

датчиків, що реєструють рівень тиску. Інформація, що знімається з датчиків, що надходить у систему через блок АЦП. Далі система обробляє

отриману інформацію щодо закладеного в ньому алгоритму та передає результат

обробки об'єктів регулювання.

Поряд із ОЗУ, мікроконтролер може оснащуватися вбудованою енергонезалежною пам'яттю для зберігання програми та даних. Разом з тим багато контролерів взагалі не мають шин для підключення зовнішньої пам'яті.

Найбільш бюджетні типи пам'яті допускають лише одноразовий запис. Пристрої такого типу застосовні у випадках, коли програма контролера не оновлюватиметься. Інші типи контролерів мають можливість багаторазового перезапису енергонезалежної пам'яті.

2.6 Вибір АЦП

Після вивчення представлених на ринку АЦП, вибір зупинився на моделі MCP3204 компанії Microchip Technology. Основними його перевагами є використання послідовного каналу передачі перетворених даних та його 4-х-канальність.

Дамо короткий опис моделі, що використовується.

MCP3204 – послідовний 12-бітний аналогово-цифровий перетворювач і вбудованим пристроєм вибірки та зберігання (УВХ). Може працювати в режимі двох псевдо-диференціальних входних пар або чотириканальний режим.

Режим роботи вибирається подачею певної послідовності імпульсів на відповідний вхід.

Зв'язок з АЦП має простий послідовний інтерфейс, сумісний з протоколом SPI.

MCP3204 працює у широкому діапазоні напруг (3.7V-6.5V).

Функціональна схема MCP3204 представлена малюнку 16

Для організації передачі даних між АЦП та мікроконтролером необхідно знати тимчасові характеристики АЦП при послідовне підключення.

Тимчасові характеристики, представлені малюнку 3.4, відображають якісну сторону процесу передачі. Для повноти картинні

необхідно мати також уявлення про кількісний бік процесу передачі

Розглянемо призначення висновків MCP3205.DGND

Загальний провід ("земля") цифрової частини схеми. AGND

Загальний провід (земля) аналогової частини схеми.CH0-CH3

Входи для подавання аналогового сигналу. Кожна пара каналів може бути запрограмована для використання як у режимі двох незалежних каналів, і у режимі єдиного псевдо-диференціального входу. CLK

На даний вхід необхідно подавати послідовність імпульсів, щоб ініціалізувати процес перетворення, а також синхронізувати кожен біт перетвореної інформації (цифрового коду).DIN

Цей вхід використовується для вибору одного з каналів шляхом подачі певної послідовності імпульсів.DOUT

Цей вихід необхідний для послідовного виведення перетворених АЦП даних.
CS#/SHDN

Використовується для ініціалізації вибору мікросхеми АЦП.

Як джерело опорної напруги зручно використовувати (а також рекомендується використовувати) стабілізатор напруги MCP1541, працюючий в діапазоні напруг живлення 4,3 ... 5,5В і має на виході стабілізована напруга 4,096 Ст.

Мікросхема здатна віддавати в навантаження струм до 2 мА, коли її власне споживання становить 100 мкА.

Максимальна початкова похибка $\pm 1\%$.

Діапазон робочих температур мінус 40...+85°C

Вибір датчиків тиску

Відповідно до технічного завдання необхідно розробити інформаційно - вимірювальний комплекс для перевірки одночасно двох датчиків тиску ДМ 5001 з використанням як зразковий датчик ДМ 5002. ДМ5001

Вимірювання та безперервного перетворення значення надлишкового та вакуумметричного тиску неагресивних середовищ в електричний уніфікований вихідний сигнал з відображенням інформації про тиск на цифрове табло, а також для управління зовнішніми електричними ланцюгам в системах автоматичного контролю.

Функціональні призначення приладів: цифрова індикація поточного значення тиску та перетворення тиску рідин та газів у уніфікований струмовий вихідний сигнал.

Діапазони показань приладів:

- ДМ5001 – від 0 до 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 160; 250;
- 400; 600; 1000; 1600 кгс/см²
- ДМ5001 – від -1 до 0 кгс/см²
- ДМ5001 – від -1 до 0,6; 1,5; 3; 5; 9; 15; 24 кгс/см²
- Межа основної похибки, що допускається: $\pm 1\%$

- Діаметр корпусу – 100 мм
- Ступінь захисту – IP65
- Середній термін служби – 8 років
- Маса приладів – не більше 1,2 кг
- Матеріал корпусу: алюмінієвий сплав, утримувач – латунь
- За стійкістю до кліматичних впливів прилади мають
- виконання У2 за ГОСТ 15150-69 (але для роботи за температури від -40 до +50
- °С), Т2 (від мінус 10 до плюс 60)
- Прилади витримують вплив вібрації в діапазоні частот від 10 до 55 Гц з амплітудою 0,35 мм (група N2 за ГОСТ 12997-84)

ДМ5002

Як зразок вибираємо ДМ5002.

Манометри цифрові ДМ5002М

вимірювання надлишкового та вакуумметричного, мановакуумметричного тиску неагресивних щодо до сплавів сталі та титану, в тому числі сірководневмісних рідин, які не піддаються кристалізації, пари і газу, в т.ч. кисню, у промислових системах, що забезпечують необхідні вимоги до виробництва.

- Прилади з межею похибки, що допускається, не більше $\pm 0,25\%$ допускається використовувати як еталонні засоби вимірювання в відповідно до
- Діапазони показань приладів:
- ДМ5002М – від 0 до 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 160; 250; 400; 600; 1000; 1600, 2500 кгс/см
- 2
- ДМ5002М - від -1 до 0 кгс/см
- 2
- ДМ5002М - від -1 до 0; 0,6; 1,5; 3; 5; 9; 15; 24 кгс/см
- 2

- Межа основної похибки, що допускається: $\pm 0,06$; 0,1; 0,15; 0,25%
- Діаметр корпусу – 100 мм
- Матеріал корпусу: алюмінієвий сплав
- Ступінь захисту – IP54
- Маса приладів – не більше 1,2 кг
- Середній термін служби – 8 років
- Прилади витримують вплив вібрації в діапазоні частот від 10 до 55 Гц з амплітудою 0,35 мм
- За стійкістю до кліматичних впливів прилади мають

виконання УХЛЗ.1 (для роботи за температури від мінус 10 до плюс 70 про С), а також виконання У2 (для роботи за температури від мінус 40 плюс 70 про С), Т3

(Для роботи при температурі від мінус 10 плюс 70 про С)

Вибір датчика тиску

Як датчик тиску обраний СРС 3000 цифровий контролер тиску

Застосування:

- Автоматичне завдання та прецизійний вимір тиску при калібрування та повірка засобів вимірювання тиску: манометрів, вимірювальних перетворювачів надлишкового, абсолютного та диференціального тиску в лабораторних умов. особливості:
- Діапазони завдання/вимірювання тиску: від -100 кПа до 7.0 МПа.
- Межа основної похибки вимірювання, що допускається: $\pm 0.025\%$ ВПИ.
- Сенсорний РК-дисплей, русифікований інтерфейс.
- Плавне підвищення тестового тиску (без виходу за точку уставки).

3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ДЛЯ ПОВІРКИ І КАЛІБРУВАННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ТИСКУ

3.1 Вибір способу повірки.

Вибір методу повірки обумовлений технічним завданням, з якого

слід, що повірку датчиків ДМ5001 слід проводити з використанням еталонні датчики ДМ5002

Опис структурної схеми.

Розробимо структурну схему комплексу на підставі якої надалі розроблятиметься схема принципова.

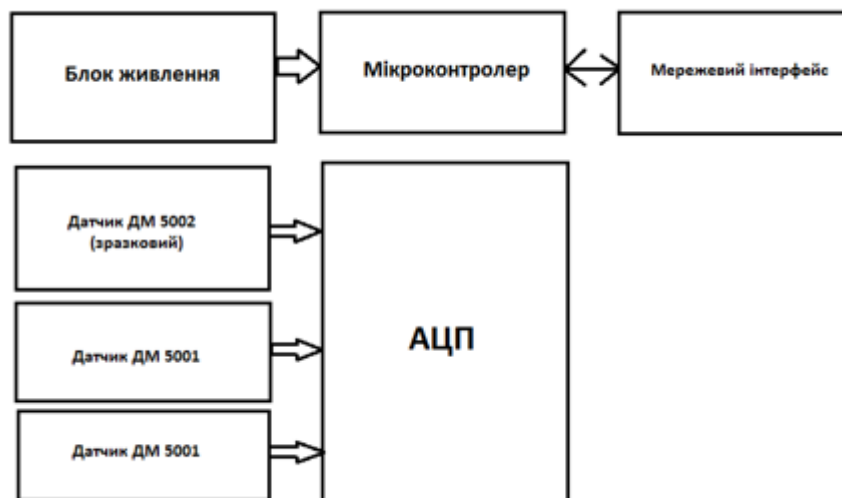


Рисунок 3.1 – Структурна схема пристрою

Зі структурної схеми видно, що сигнали, що надходять з датчиків,

оцифровуються та потрапляють на пристрій керування. Дисплей призначений

для виведення отриманої інформації, зручності при налаштуванні пристрою.

Блок датчиків, що реєструють рівень тиску. Інформація, що знімається з

датчиків, що надходить у систему через блок АЦП. Далі система обробляє отриману інформацію щодо закладеного в ньому алгоритму та передає результат обробки об'єктів регулювання.

Поряд із ОЗУ, мікроконтролер може оснащуватися вбудованою енергонезалежною пам'яттю для зберігання програми та даних. Разом з тим багато контролерів взагалі не мають шин для підключення зовнішньої пам'яті.

Найбільш бюджетні типи пам'яті допускають лише одноразовий запис.

Пристрої такого типу застосовні у випадках, коли програма контролера не оновлюватиметься. Інші типи контролерів мають можливість

багаторазового перезапису енергонезалежної пам'яті. На відміну від процесорів загального призначення, в мікроконтролерах часто використовується гарвардська

архітектура пам'яті, тобто роздільне зберігання даних та команд у ОЗУ та ПЗУ відповідно.

Програмування мікроконтролерів зазвичай здійснюється мовою асемблера або Сі, хоча є компілятори для інших мов.

Спираючись на отримані дані, робимо висновок, що розробляти пристрій необхідний на мікроконтролері, тому що в нашому випадку це є ідеальним варіантом.

При складанні структурної схеми було враховано те що, що з роботи будь-якого мікроконтролера потрібен тактований пристрій (кварцовий резонатор). Вибір конкретної моделі кварцового резонатора визначається залежно від конкретної моделі самого мікроконтролера.

3.2 Вибір мікропроцесора.

Розглянь сімейство мікроконтролерів i8051, оскільки дані мікросхеми мають низьку вартість. Функціональні можливості даного сімейства різноманітні, але нам необхідно вибрати МК із простим функціоналом, оскільки система, що розробляється, не пред'являє будь-яких жорсткі вимоги до МК.

Мікроконтролер сімейства i8051 має гарвардську архітектуру. різні шини для пам'яті команд та пам'яті даних. Це 8-розрядні мікроконтролери. Об'єм програмного коду може бути не більше 64К байт[20].

На функціональній схемі показані наступні вузли:

- RAM - оперативний запам'ятовуючий пристрій (пам'ять тимчасових даних), зберігає дані у процесі виконання програми;
- ROM – постійна пам'ять (пам'ять програм), зберігає інструкції програми;
- I/O - порти введення/виводу, двоспрямовані;
- Timer(0/1) - 16-розрядні лічильники, підрахунок інтервалів,
- робота UART, організація ШІМ, підрахунок імпульсів зовнішніх подій;

- UART – інтерфейс організації послідовної передачі
- інформації (апаратний).

Мікроконтролер може працювати у двох режимах:

- режим мікропроцесора (має на увазі, що використовується 8-розрядна мікросхема, але є зовнішня пам'ять (ОЗП), що підключається через зовнішню шину);
- режим однокристалної мікроЕОМ (все на одному кристалі, в тому числа та пам'ять коду). Після аналізу представлених моделей сімейства i8051 як

- мікроконтролера вибираємо мікросхему AT89C51, яка є 8-розрядним КМОП мікроконтролером із Flash ПЗУ [30].
- Відмінні особливості:
- Місткість перепрограмованої Flash пам'яті: 4 Кбайт, 1000 циклів стирання/запис.
- Сумісність із приладами сімейства MCS-51TM
- Діапазон робочих частот від 0 Гц до 24 МГц.
- Напруга живлення $5 \pm 20\%$ В
- Трирівневе блокування пам'яті програм
- Групи за частотами: 12 МГц, 16 МГц, 20 МГц та 24 МГц
- CPU 8 розрядна шина
- RAM
- 128b
- ROM
- 64К
- I/O
- 32 бітові порти
- P0...P3 по 8 біт
- UART
- (TTL)
- Timer0(16біт)
- Timer1(16біт)
- СОЗУ ємністю 128 байтів
- Два 16-розрядні таймери/лічильники подій
- 32 програмованих ліній введення/виводу
- Шість джерел сигналів переривання
- Програмований послідовний канал UART.

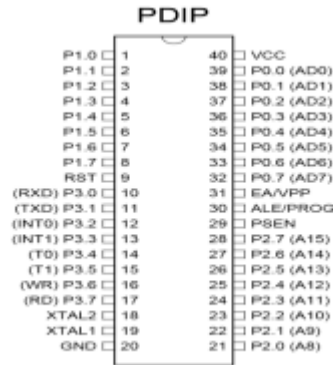


Рисунок 3.2 - Розташування висновків мікросхеми AT89C51.

3.3 Розрахунок цифрового тракту

Цифровий тракт пристрою забезпечуватиме:

1. збір інформації з виходів каналів вимірювання рівня сигналу датчиків тиску
2. обробку інформації та розрахунок вихідних впливів на відповідно до робочої формули;
3. видачу отриманого значення цифровий індикатор;
4. керування роботою допоміжних елементів схеми.

Розрахуємо вимоги до мікроконтролера.

Визначимо необхідну довжину розрядної сітки уявлення

результату[10]. Під довжиною n розрядної сітки розуміється число двійкових

розрядів, що відводиться для подання мантиси числа без розряду,

визначальний його знак.

$$\Delta_{\text{дан}} = \frac{\sigma_{\text{дан}}}{10} = \frac{40}{10} = 4, \text{ м} \quad (3.1)$$

Кількість біт визначається за такою формулою:

$$n = \left\lceil \log_2 \left(\frac{U_{max}}{\Delta_{дан}} \right) \right\rceil = \left\lceil \log_2 \left(\frac{32}{4} \right) \right\rceil = 3 \quad (3.2)$$

де:

U_{max} – максимальне значення вимірюваного параметра. Оскільки мікроконтролери мають восьмибітну шину даних, то, очевидно, що для подання результату необхідно використати однобайтний формат числа.

Визначимо ємність пам'яті

. Визначення ємності пам'яті необхідне

для:

1. зберігання кодів програм у пам'яті програм (ПЗУ);

зберігання проміжних даних, що виникають у ході виконання програми (ОЗП).

Місткість ПЗУ визначається за формулою [30]:

$$Q_{ПЗУ} = \lambda \cdot \left(\sum N_{max}^j \right) \quad (3.3)$$

де: $\lambda=1,5$ – коефіцієнт запасу.

Кількість виконуваних операцій визначається виходячи з:

2. додавання - 15 біт

3. віднімання - 25 біт

4. множення – 30 біт

5. розподіл - 100 біт

6. зведення у ступінь - 100

7. вилучення з-під кореня - 50

8. підпрограма опитування каналів – 50

9. підпрограма видачі інформації – 50

Тоді:

$$Q_{ПЗУ} = 1,5(15 + 25 + 80 + 100 + 100 + 50 + 50 + 50) = 705$$

Місткість знаходиться за формулою:

1. Результати опитування каналів і датчиків – порозрядно $16+16=32$

2. проміжні результати обчислення робочої формули $2 \cdot 30 = 60$
3. проміжні результати 30
4. У цьому випадку ємність ОЗУ становитиме:

$$Q_{\text{ОЗУ}} = 16 + 60 + 30 = 106$$

Для вибору конкретної моделі мікроконтролера, крім проведених розрахунків, встановимо також низку додаткових критеріїв:

1. Наявність аналогових входів. Необхідна кількість розрядів та необхідну швидкодію такого АЦП вартість. Мікроконтролер повинен по можливості мати найменшу вартість.

3. У своїй структурі мікроконтролер повинен мати такі апаратні модулі:

- таймер, за допомогою якого проводитиметься вимір інтервалів часу;

- універсальний, послідовний приймач, за допомогою якого здійснюватиметься пересилання даних від САУ.

Врахуємо додаткове побажання – наявність вбудованої апаратної підтримки інтерфейсу USB. Наявність USB дозволить підключити до системи персональний комп'ютер для налаштування та модернізації ПЗ

Крім того, мікроконтролер, що вибирається, повинен бути сучасним.

Ця обставина важлива тому, що фірми розробники мікроконтролерів виробляють підтримку тільки нових моделей (наприклад, включають до баз даних програматорів тільки нові моделі), а багато старих моделей знімаються з виробництва та не враховуються програмами компіляторами та програматорами.

ВИСНОВКИ

Отже, в магістерській роботі розроблено інформаційно – вимірювальну систему для перевірки і калібрування засобів вимірювання тиску. Серед безлічі об'єктів промислової діяльності виділяють певну групу об'єктів, які за певних обставин можуть створити реальну загрозу виникнення виробничої аварії. Найчастіше це об'єкти, на яких використовуються або виготовляються, переробляються, зберігаються чи транспортуються небезпечні речовини або біологічні препарати. Такі об'єкти господарської діяльності називають технічно небезпечними об'єктами. У свою чергу, вони є технічно складними об'єктами.

У першому розділі магістерської роботи був проведений аналіз технічно складних об'єктів.

У другому розділі був проведений аналіз методів вимірювання тиску на технічно складних об'єктах.

У третьому розділі був проведений розрахунок цифрового тракту. Також було проведено вибір способу перевірки.