Міністерство освіти і науки України

Вінницький національний технічний університет

Інститут автоматики, електроніки та комп’ютерних систем управління

Кафедра МПА

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ТИСКУ ГАЗУ В ГАЗОПРОВОДІ

Пояснювальна записка

з дисципліни “Інформаційно-вимірювальні системи”

до курсового проекту за спеціальністю 8.091302

“Метрологія та вимірювальна техніка”

08-03.КП.009.00.000 ПЗ

Вінниця ВНТУ 2008

**Зміст**

Вступ

1. Технічне обґрунтування варіанту реалізації системи

2. Розробка структурної схеми інформаційно-вимірювальної системи тиску газу в газопроводі

3. Розробка електричної принципової схеми інформаційно-вимірювальної системи тиску газу в газопроводі

4. Електричні розрахунки

5. Розрахунок похибки вимірювання

Висновки

Література

**Вступ**

Забезпеченість України паливно-енергетичними ресурсами одне з найголовніших завдань національної економіки, без розвитку якого неможливе успішне здійснення соціальних, економічних і науково-технічних програм. Газ набув дуже широкого використання в нашому житті, оскільки є не лише висококалорійним паливом, але і цінною сировиною для хімічної промисловості. Газ має великі переваги перед всіма іншими видами палива, як по калорійності, так і по ціні. Частка газу у використанні первинних енергоресурсів становить 45 %.

Споживачам газ доставляється по газорозподільним мережам – системах трубопроводів для транспортування газу по об’єктах. Газопроводи газорозподільних мереж бувають низького (до 0,005 МПа), середнього (від 0,005 до 0,3 МПа), високого (від 0,3 до 0,6 і від 0,6 до 1,2 МПа) тисків. Гідравлічні режими роботи газорозподільних мереж приймаються з умов забезпечення стійкої роботи газорегуляторних пунктів і устаткування, а також пальників комунальних і промислових споживачів при максимально допустимих перепадах тиску газу. Саме тому вимірювання тиску газу в трубопроводах є дуже важливим.

На даний час розроблено багато засобів вимірювання тиску газу. Актуальність ж розробки інформаційно-вимірювальної системи тиску газу полягає в необхідності підвищення точності, швидкодії та одночасному контролі декількох параметрів, а саме тиску, розрідження та перепаду тиску у газопроводі, а також вимірювання температури за допомогою однієї системи та представлення її оператору в зручному вигляді на одному відеотерміналі. Сполучення інформаційно-вимірювальної системи з комп’ютером дозволяє швидко отримувати, обробляти та зберігати для подальшого використання великі потоки інформації.

В роботі проведено огляд літературних джерел, розглянуто основні первинні пертворювачі тиску газу, обгрунтовано варіант реалізації системи, а на його основі – розробку структурної та принципової електричної схеми системи.

**1. Технічне обґрунтування варіанту реалізації системи**

Перед безпосередньою розробкою ІВС вимірювання тиску газу в газопроводі розглянемо три можливих варіанти реалізації цієї системи.

Структурна схема першого варіанту реалізації системи наведена на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Структурна схема першого варіанту реалізації системи

Принцип роботи наведеного варіанту полягає в наступному. Кожна з фізичних величин, які вимірюються, перетворюються у відповідному вимірювальному каналі за допомогою первинного та вторинного вимірювальних перетворювачів, після чого уніфікований сигнал поступає на вхід АЦП. АЦП працює в режимі freerun, здійснюючи безперервне перетворення вхідного аналогового сигналу в цифровий код. Код з виходу АЦП подається безпосередньо на порт мікроконтролера, при цьому кожен АЦП підключений до окремого порту, що дозволяє постійно контролювати значення всіх фізичних величин, що вимірюються. Мікроконтролер обробляє поступаючи інформацію, а результати обробки передаються через інтерфейс на персональний комп’ютер.

Структурна схема другого варіанту реалізації системи наведена на рисунку 1.2



Рисунок 1.2 – Структурна схема другого варіанту реалізації системи

Принцип роботи даного варіанту полягає в наступному. Фізична величина у відповідному вимірювальному каналі перетворюється в уніфікований сигнал за допомогою первинного та вторинного вимірювальних перетворювачів, після чого поступає на вхід АЦП. АЦП працює в режимі постійного перетворення. Кожен вимірювальний канал має свою адресу. Виходи всіх АЦП підключені до шини обміну даними. До шини також підключені мікроконтролер та інтерфейс для зв’язку з ПЕОМ. Якщо необхідно в певний момент часу провести вимірювання фізичної величини у будь-якому вимірювальному каналі, то процесор виставляє на шину адресу відповідного каналу. Після перетворення АЦП виставляє на шину цифровий код, який зчитується процесором.

Структурна схема третього варіанту реалізації системи наведена на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 – Структурна схема третього варіанту реалізації системи

Третій варіант реалізації працює наступним чином. Фізична величина, що вимірюється перетворюється в уніфікований сигнал за допомогою первинного та вторинного перетворювачів, після чого уніфікований сигнал поступає на вхід мультиплексора. Якщо необхідно виміряти певну фізичну величину, мікроконтролер подає на мультиплексор код відповідного вимірювального каналу. Далі сигнал з виходу мультиплексора поступає на вхід АЦП, який перетворює його на цифровий код і виставляє цей код на шину обміну даними. Цей код зчитується мікроконтролером, який також підключений до шини. Крім того до шини підключений інтерфейс, через який результати вимірювання передаються на ПЕОМ.

Для вибору кращого варіанту реалізації системи використаємо узагальнений якісний критерій порівняння, який полягає у визначенні загальної ефективності системи як відношення реального якісного критерію , який забезпечує заданий варіант реалізації системи, до потенційного якісного критерію , що відповідає ідеальній системі:



.(1.1)



В даному випадку чим ближче значення Е до 1, тим більше варіант реалізації системи відповідає ідеальному.

Порівняльний аналіз варіантів реалізації систем наведений в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняльний аналіз варіантів реалізації ІВС

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | 1-й варіант реалізації системи | 2-й варіант реалізації системи | 3-й варіант реалізації системи | Ідеальна система |
| Точність | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Швидкодія | 1 | 1 | 0 | 1 |
| Використання ресурсів  CPU | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Складність реалізації | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Складність ПЗ | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Собівартість | 0 | 0 | 1 | 1 |
|  | 4 | 5 | 4 | 7 |

Отже, згідно таблиці 1.1 значення якісного критерію для першого варіанту реалізації системи

;



для другого варіанту

;



і для третього

.



Отже, другий варіант реалізації системи більше відповідає ідеальній системі при обраних характеристиках для порівняння, а оскільки ці характеристики необхідно забезпечити в системі, що розробляються, то для подальшої розробки виберемо саме другий варіант реалізації.

**2. Розробка структурної схеми інформаційно-вимірювальної системи тиску газу в газопроводі**

Кожний засіб вимірювання є технічним засобом певної структури. Ступінь складності засобу вимірювання визначається характером та кількістю перетворень, необхідних для перетворення інформативного параметра вхідного сигналу в інформативний параметр вихідного сигналу. Всі ці проміжні перетворення здійснюються перетворювальними елементами і засновані на певних фізичних ефектах, які забезпечують своїм поєднанням роботу засобу вимірювань.

Структурною схемою вимірювального кола засобу вимірювань називається схема, що відображає його основні функціональні частини (структурні елементи), їх призначення та взаємозв’язки. Ступінь диференціації структурної схеми на структурні елементи, що зображаються переважно прямокутниками, визначається призначенням схеми[1].

У попередньому розділі було вибрано варіант реалізації інформаційно-вимірювальної системи зображений на рисунку 1.2. Розробимо структурну схему системи спираючись на цей варіант. Отже, згідно завдання на курсовий проект задана системи повинна складатись із чотирьох вимірювальних каналів, в трьох з яких відповідно вимірюватимуться надлишковий тиск, різниця тисків та розрідження в газопроводі, а четвертий канал слугуватиме для контролю температури в газопроводі.

Газ – корисна копалина, яка є сумішшювуглеводнівта невуглеводневих компонентів, перебуває у газоподібному стані за стандартних умов (тиску 760 мм ртутного стовпчика або 101,325 кПа і температури 20° C) і є товарною продукцією.

Основним компонентом (більше 98%) природного газу є метан, тому його властивості практично співпадають з властивостями метану. Варто відзначити, що природній газ не має запаху, а відомий всім запах газу – це запах етилмеркаптану, який спеціально додається до газу для можливості виявлення його витоку з газопроводу по запаху. Крім того до складу природнього газу входять етан, пропан, бутан, пентани, гексани, гектани, октани, нонани, бензол, толуол, водень, кисень, оксид вуглецю, двоокис вуглецю, азот, кисень та гелій.

Методи вимірювання тиску газу ґрунтуються на порівнянні сил тиску, що вимірюється, з наступними силами: тиску стовпця рідини (ртуті, води) відповідної висоти; такими, що утворюються при деформації пружних елементів (пружин, мембран, манометричних коробок, сильфонів та манометричних трубок); а також із пружними силами, що виникають при деформації деяких матеріалів, при яких виникають електричні ефекти[2].

З точки зору чутливості важлива роль першого перетворювального елемента у вимірювальному каналі. Та його частина, що перебуває під безпосереднім впливом вимірюваної величини, називається чутливим елементом. Розглянемо основні типи первинних перетворювачів тиску, вихідними сигналами яких є електричні сигнали, зручні для подальшої обробки і передачі по вимірювальному каналі.

Ємнісні перетворювачі застосовують для перетворення в електричний сигнал тисків. Ємнісний перетворювач - це конденсатор змінної ємності, керований вхідним сигналом. Електричні ланки з ємнісними перетворювачами живлять змінним струмом підвищеної частоти (від одиниць до десятків кілогерц).

Ємнісні перетворювачі мають звичайно верхню границю перетворюваного тиску 200…800 Па при чутливості 0,5…1,0 пФа/Па. Основна похибка становить 1…2%[1].

Принцип дії тензометричних перетворювачів засновано на використанні зміни електричного опору провідникових та напівпровідникових матеріалів при їх розтягуванні чи стисканні у межах пружних деформацій.

До головних техніко-метрологічних характеристик тензометричних перетворювачів належать тензочутливість, повний опір, повзучість, механічний гістерезис, температурна нестабільність, динамічні характеристики.

Тензочутливість визначається переважно резистивними властивостями матеріалу чутливого елемента, проте значною мірою залежить від конструкції перетворювача, матеріалу основи та інших чинників.

Головні вимоги до тензоперетворювачів такі:

а) якнайбільше значення коефіцієнта тензочутливості;

б) високий питомий електричний опір;

в) температурний коефіцієнт лінійного розширення чутливого елемента перетворювача повинен по можливості дорівнювати температурному коефіцієнту лінійного розширення матеріалу досліджуваного об'єкта.

За мостовою схемою тензоперетворювачі вмикають в одне, два або чотири плеча. В останньому випадку у два протилежних плеча входять перетворювачі, що реагують на ту саму деформацію (наприклад, розтягування), а у два інших - перетворювачі, що реагують на деформацію протилежного знака (стискання). Міст із двома й чотирма тензоперетворювачами має чутливість відповідно у 2 і 4 рази більше, ніж міст з одним тензоперетворювачем.

Останнім часом з’явився напрямок в напівпровідниковій тензометрії, пов'язаний із застосуванням мостових тензорезистивних структур, які є з’єднаними монолітно в схему одинарного моста напівпровідниковими тензорезисторами.

Габаритні розміри таких перетворювачів становлять 2…6 мм при товщині самого тензорезистора 20…25 мкм. Датчики, виконані на основі мостових тензоструктур, є точнішими від датчиків з одиничними напівпровідниковими тензорезисторами (їх похибка 0,1…0,2 %). Тут тензорезистор є єдиною ланкою пружного елемента. Отже, на відміну від наклеюваних тензорезисторів, тут відсутня проміжна ланка між пружним елементом і тензорезистором – клей, який є причиною додаткових похибок у наклеюваних тензорезисторів через його пружну недосконалість. Саме тому, при розробці ІВС тиску газу в газопроводі, використаємо як первинний вимірювальний перетворювач тиску один із датчиків на основі мостових тензорезистивних структур, які є з’єднаними монолітно в схему одинарного моста напівпровідниковими тензорезисторами[3].

Для вимірювання температури використовуються температурні сенсори різноманітних типів, найпоширенішими серед яких є резистивні датчики температури, термістори, напівпровідникові датчики температури, термопари, датчики з цифровим виходом.

Термопара являє собою два різнорідних металевих провідника (термоелектроди), що призначені для вимірювання температури. Кінець термопари, що поміщається в об’єкт вимірювання температури, називається робочим або «гарячим» спаєм; вільні або «холодні» кінці термопари сполучені з вимірювальним перетворювачем. Принцип роботи термопари полягає в тому, що при зміні температури «гарячого» спаю на вільних кінцях термопари змінюється термоелектрорушійна сила постійного струму. Утворення термоелектрорушійної сили пояснюється тим, що при нагріванні електрони на «гарячому» спаї одержують більш високу швидкість, ніж на «холодному», в результаті чого виникає потік електронів від «гарячого» до «холодного» спаю. На «холодному» кінці накопичується негативний заряд, на «гарячому» - позитивний. Різниця цих потенціалів і визначає термоелектрорушійну силу термопари. Термопари перекривають діапазони вимірювань температур від до , однак їх досить важко реалізувати технологічно [4].



В терморезисторах під впливом температури змінюється опір. Їх використовують як сенсори температури дуже часто через відносно малу вартість. Існує три види терморезисторів: з негативною характеристикою (опір з підвищенням температури зменшується), позитивною характеристикою (опір з підвищенням температури збільшується) та з критичною характеристикою (опір збільшується при пороговому значенні температури). Зазвичай опір під впливом температури змінюється дуже швидко, тому для розширення лінійної ділянки температура-опір паралельно і послідовно до терморезистора під’єднують додаткові резистори, що є не дуже зручним. По матеріалу чутливого елемента їх підрозділяють на платинові і мідні. Мідні терморезистри використовують при вимірюванні значень температури від до ,платинові – від до .



Термістори мають функції схожі з функціями терморезисторами і є температурно-чутливими резисторами невеликої вартості. Вони виготовляються із напівпровідникових матеріалів, які мають як позитивний, так і негативний температурний коефіцієнт. Найбільш часто використовуються термістори з негативними температурними коефіцієнтами. Термістор є найбільш нелінійним пристроєм із розглянутих раніше, але в той же час він найбільш чутливий. Висока чутливість термістора, дозволяє визначати з його допомогою миттєві зміни температури, які неможливо було б спостерігати за допомогою резистивних датчиків температури або термопар. Проте нелінійність термісторів є не тільки самим більшим джерелом помилок при вимірюваннях температури, вона обмежує область можливих застосувань малим температурним діапазоном, якщо не використовуються спеціальні методи лінеаризації[3].

Сучасні напівпровідникові датчики температури дають високу точність і високу лінійність в робочому діапазоні від -55°С до +150°С [2].

Датчики температури з цифровим виходом мають ряд переваг над датчиками з аналоговим виходом, особливо у випадку передачі даних на велику відстань. Для того ж, для забезпечення гальванічної розв’язки (ізоляції) між дистанційним датчиком та інформаційно-вимірювальною системою можна використати елементи опторозв’язки. Наприклад, функцію пристрою з цифровим виходом виконує датчик температури з напругою на виході, за яким слідує конвертор напруга-частота, вихідним параметром якого є шпаруватість імпульсів. Вихідний сигнал датчика мало чутливий до завад, тому використаємо для вимірювання температури в ІВС саме такий датчик.

Отже, структурна схема ІВС тиску газу в газопроводі матиме вигляд зображений на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Структурна схема ІВС тиску газу в газопроводі

Принцип роботи системи наступний. Тиск, різниця тисків та розрідження, що вимірюються в перших трьох каналах відповідно, поступають на вхід датчиків, що складаються з пружного елемента (мембрани), який перетворює прикладений до нього тиск у деформацію мембрани , передаючи таким чином навантаження на тензорезистори, включені в мостове коло. Відносна зміна опорів тензорезисторів викликає розбалансування моста, і на виході датчика ми отримаємо напругу, що залежить від прикладеного тиску. Значення цієї напруги підсилюється підсилювачем і поступає на вхід АЦП, що працює і режимі безперервного перетворення. Мікропроцесор виставляє на шину обміну даними адресу відповідного каналу, в залежності від того, яке значення тиску необхідно виміряти в даний момент часу. За сигналом від мікропроцесора АЦП виставляє на шину код, відповідний значенню тиску, який зчитується мікропроцесором. Для вимірювання температури використовується датчик температури, вихідним інформативним параметром якого є шпаруватість імпульсів. Вихідний сигнал цього датчика поступає на вхід аналогового компаратора, вбудованого в мікропроцесор. Для зв’язку ІВС з ПЕОМ передбачено використання інтерфейсу.



**3. Розробка електричної принципової схеми інформаційно-вимірювальної системи тиску газу в газопроводі**

При розробці принципової схеми спочатку виберемо первинний вимірювальний перетворювач тиску, який безпосередньо перетворюватиме значення тиску, різниці тисків та розрідження, що вимірюються, у вихідні електричні величині зручні для подальшої її передачі по вимірювальному каналі та обробки мікропроцесором.

Розвиток інтегральної технології дозволив створити промислові тензористивні датчики для вимірювання тиску, розрідження та перепаду тиску. Одним із провідних виробників датчиків тиску є компанія Honeywell.

Основою датчика тиску Honeywell є тензочутливий елемент (сенсор). Він складається з чотирьох ідентичних тензорезисторів, імплантованих на поверхню круглої тонкої кремнієвої діафрагми і включених за схемою моста Уїнстона. Діафрагма сформована шляхом витравлювання ділянки однорідної кремнієвої пластини з протилежного тензорезисторам боку. Невитравлена ділянка кристала слугує жорстким несучим елементом і, одночасно, - поверхнею для реалізації інших схемотехнічних компонентів давача.

В порівнянні з сенсорами на основі металевих мембран, кремнієві мають декілька переваг. Найважливішою є довготривала стабільність параметрів. Однорідний кремнієвий кристал є ідеальним матеріалом для сприйняття зусиль завдяки своїй еластичності, не змінній навіть при екстремальних навантаженнях. Йому невластива, в порівнянні зі стальними діафрагмами, залишкова деформація після зняття навантаження. Він або зберігає свою точну початкову форму, не залежно від прикладеного зусилля, або руйнується при виникненні максимально допустимої деформації. Другою перевагою кремнієвих сенсорів є більш висока тензочутливість – майже в 100 раз більше, ніж у класичних тензодавачів зі сталевою мембраною (діафрагмою), на яку напилений тензочутливий шар. Третя перевага – вища точність та лінійність характеристики перетворення. Вирішальними перевагами напівпровідникових давачів є дуже малі габарити, дешевизна (при серійному виробництві), висока надійність та простота експлуатації.



Рисунок 3.1 – Схема базового чутливого елемента компанії Honeywell

На рисунку 13 наведена схема базового чутливого елемента. Величини та є фактичними значеннями опорів резисторів моста при діючому тиску; - величина їх опору при нульовому тиску (нульовій деформації пластини); - зміна опору в результаті прикладеного тиску. Особлива геометрія і розміщення тензорезисторів на поверхні мембрани забезпечують суворо однокову зміну їх опорів під впливом зовнішнього тиску, при цьому два опору отримують негативний приріст, а два – позитивний. Це сприяє підвищенню чутливості сенсора в декілька разів.



Тиск чи зусилля викликає деформацію тонкої кремнієвої діафрагми, що призводить до зміни геометрії тензорезисторів, що перебувають із нею в тісному механічному зв’язку. В результаті опір тензорезисторів змінюється в залежності від величини деформації діафрагми. Відбувається перетворення прикладеного тиску (механічний вхід) в зміну опору (електричний вихід). Вихідна напруга на виході вимірювального моста прямо пропорційна напрузі живлення і величині прикладеного тиску[5].

Для вимірювання надлишкового тиску виберемо датчик FP2000 компанії Honeywell, який має наступні характеристики:

а) діапазон тисків – 0…6,98 МПа;

б) вихідний сигнал – напруга у діапазоні 0…10 В;

в) вихідний струм – 4…20 мА;

г) сумарна похибка - 0,10%;



д) діапазон робочих температур – від – 40 до +1150С.

Для вимірювання різниці тисків використаємо датчик 26 PC SMT компанії Honeywell, характеристики якого наступні:

а) діапазон тисків – 0…104,7 кПа;

б) вихідний сигнал – напруга у діапазоні 0…150 мВ;

в) сумарна похибка - 0,5%;



г) діапазон робочих температур – від – 40 до +850С.

Для вимірювання розрідження застосуємо датчик SLP компанії Honeywell, основні параметри якого наступні:

а) діапазон тисків – 0… 1 кПа;

б) вихідний сигнал – напруга у діапазоні 0…50 мВ;

в) сумарна похибка - 0,5%;



г) діапазон робочих температур – від – 40 до +850С[5].

Далі виберемо датчик температури. ТМР03/ТМР04 – сімейство датчиків з цифровим виходом включають в себе опорне джерело напруги, генератор, сігма-дельта АЦП, тактовий генератор. Принцип дії датчика полягає в наступному. Вихідний сигнал датчика квантується сігма-дельта модулятором першого порядку, який також відомий, як аналогово-цифровий перетворювач «з врівноважуванням заряду». Цей перетворювач використовує квантування з надлишком в часовій області і точний компаратор, які забезпечують 12-разрядну точність при досить малих розмірах схеми. Вихідний сигнал сігма-дельта модулятора кодується, використовуючи відповідну схему, яка дає на виході послідовний цифровий код у вигляді частотно-модульованого сигналу, зображений на рисунок 3.2. Даний сигнал досить просто декодується за допомогою будь-якого мікропроцесора, в значеннях температури в градусах Цельсія чи Фаренгейта, і завжди передається по одному проводу. Номінальна вихідна частота складає 35 Гц при +25°С і пристрій працює з фіксованою довжиною імпульсу Т1, яка складає 10 мс.



Рисунок 3.2 – Форми вихідного сигналу для TMP03/TMP04

Для того, щоб схематично зобразити мікросхему ТМЗ03 потрібно додатково приєднати на вихід мікросхеми паралельно резистор та керамічний конденсатор .



Схема підключення мікросхеми ТМР03 зображена на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 – Схема підключення мікросхеми ТМР03

Виберемо мікроконтролер Atmega163/L компанії ATMEL, який є КМОП 8-бітним мікроконтролером, побудованим на розширеній AVR RІSC архітектурі. Використовуючи команди, що виконуються за один машинний такт, контролер досягає продуктивності в 1 MІPS на робочій частоті 1 МГЦ, що дозволяє розробнику ефективно оптимізувати споживання енергії завдяки вибору оптимальної продуктивності. AVR ядро сполучає розширений набір команд із 32 робочими регістрами загального призначення. Усі 32 регістра з'єднані з арифметико-логічним пристроєм, що забезпечує доступ до двох незалежних регістрів при виконанні команди за один машинний такт. Завдяки обраній архітектурі досягнута найвища швидкість коду, і відповідно висока продуктивність, у 10 разів переважаюча швидкість відповідного CІSC мікроконтролера.

Умовне графічне позначення мікроконтролера ATmega163/L наведене на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 – Умовне графічне позначення мікроконтролера ATmega163/L

ATmega163/L містить 16 Кбайт FLASH-пам'яті, 512 байт EEPROM, 1024 байт SRAM , 32 лінії входів-виходів, 32 робочих регістра, три гнучких таймери-лічильника з модулем порівняння, внутрішні і зовнішні переривання, послідовний програмувальний інтерфейс UART, 10-бітний АЦП, Watchdog-таймер із внутрішнім генератором.

Виберемо аналого-цифровий перетворювач AD7880 для перетворення вихідної напруги датчиків тиску в цифровий код. AD7880 – 12-розрядний АЦП фірми Analog Devices, який має наступні характеристики:

а) напруга живлення - +5В;

б) струм споживання – 7 мА;

в) діапазон вхідної напруги – 0…+10В;

г) вхідний опір – 10 МОм;

д) інтегральна нелінійність – 1;



е) диференційна нелінійність – 1;



є) тактова частота – 2,5 МГц.

Умовне графічне позначення АЦП AD7880 наведене на рисунку 3.5.



Рисунок 3.5 – Умовне графічне позначення АЦП AD7880

Для забезпечення роботи АЦП в режимі постійного перетворення необхідно підключити до його входу CLKIN генератор прямокутних імпульсів на основі кварцового резонатора, схема якого подана на рисунку 3.6. При цьому необхідно, щоб частота кварцового резонатора F було більшою тактової частоти АЦП FCLKIN.



Рисунок 3.6 – Схема генератора

Для підсилення сигналу датчиків тиску SLP та 26 PC SMT перед подачею їх на вхід АЦП використаємо операційний підсилювач. Оскільки аналого-цифровий перетворювач працює у діапазоні від 0 до + 10 В, то операційний підсилювач буде забезпечувати підсилення напруги у цьому діапазоні. Підсилювати вихідну напругу датчика FP2000 немає потреби, оскільки її діапазон співпадає із діапазоном вхідної напруги АЦП.

Для вирішення такої задачі можна використати сучасний швидкодіючий закордонний операційний підсилювач LM358. Технічні характеристики операційного підсилювача LM358 наступні:

а) напруга живлення – від 2,5 до 7,0 В;

б) струм спокою: 0,8 мА;

в) вхідний опір: 1000 МОм;

г) клас точності: 0,06.

Схема диференційного включення операційного підсилювача зображена на рисунку 3.7.



Рисунок 3.7 – Схема диференційного включення операційного підсилювача LM358

Вихідна напруга підсилювача ввімкненого за диференційною схемою буде дорівнювати підсиленій різниці напруг на його входах

,(3.1)



де – коефіцієнт підсилення операційного підсилювача;



– напруга на неінвертуючому вході підсилювача;



– напруга на інвертуючомо вході.



Коефіцієнт підсилення, при ввімкненні операційного підсилювача так, як це показано на рисунку 3.7, буде визначатись відношенням резистора R2 до резистора R1, тобто:

.(3.2)



Для забезпечення роботи датчиків необхідно гарантувати стабільне їх живлення. Для цього використаємо схему джерела живлення з використанням лінійного стабілізатора напруги МС7810 зображену на рисунку 3.8.



Рисунок 3.8 – Схема джерела живлення

У схемі використовується лінійний стабілізатор напруги МС7810, на виході якого підтримується стале значення напруги 10В. Ця напруга і використовується для живлення схеми приладу. У схемі використовуються також три електролітичні конденсатори С1, С3 та С5 ємністю 220 мкФ, призначені для того, щоб не пропускати низькочастотні складові у сигнальні кола, та три керамічних конденсатори С2, С4 та С6 ємністю 0,1 мкФ – для усунення високочастотних завад.

Для спряження ІВС з ПЕОМ згідно технічного завдання використаємо інтерфейс RS-485, призначений для обміну даними по симетричній лінії зв’язку. Основні параметри інтерфейсу:

а) лінія зв’язку – симетрична, екранована вита пара;

б) відстань передачі даних – 1200 м при використанні витої пари з поперечним перерізом проводу AWG24;

в) максимальна швидкість обміну даними – 10 Мбіт/секунду.

До основних переваг інтерфейсу можна віднести:

а) відносно низька собівартість мікросхем драйверів;

б) малі габаритні розміри мікросхем драйверів;

в) низьке енергоспоживання.

Для реалізації інтерфейсу використаємо мікросхему ADM485 виробництва фірми Analog Devices, умовне графічне позначення якої наведено на рисунку 3.9.



Рисунок 3.9 – Умовне графічне позначення мікросхеми ADM485

Параметри мікросхеми MAX485 наступні:

а) напруга живлення – 5 В;

б) струм споживання – 0,5 мА;

в) швидкодія – 2,5 Мбіт/секунду.

У схемі необхідно забезпечити гальванічну розв’язку між драйверами і приймачами інтерфейсу та джерелами даних. При відсутності її перевантаження на лінії може привести до виходу з ладу пристроїв підключення до шини.

Для забезпечення гальванічної розв’язки використаємо оптопару 4N35, схема підключення якої зображена на рисунку 3.10. Принцип роботи оптопари наступний. Коли через світлодіод оптопари протікає струм, він випромінює світло. Відповідно відкривається фототранзистор оптопари і через нього почаняє протікати струм. Фототранзистор включений як емітерний повторювач, відповідним навантаженням якого є резистор R3.



Рисунок 3.10 – Схема підключення оптопари

Отже, в даному розділі описані датчики тиску, розрідження, різниці тисків і температури та основні мікросхеми, що входять до електричної принципової схеми ІВС, такі, як мікроконтролер, АЦП, драйвер інтерфейсу RS-485.

**4. Електричні розрахунки**

Розрахуємо схему диференційного включення операційного підсилювача LM358, зображену на рисунку 3.7 для вимірювальних каналів різниці тисків та розрідження.

Вихідний струм датчика протікатиме через резистор R1, а вихідна напруга падатиме на резисторі R1, оскільки потенціал на інверсному вході дорівнюватиме 0 в наслідок того, що він з’єднаний з землею через великий вхідний опір операційного підсилювача.



.(4.1)



Звідси з формули 3.2 можна отримати вираз для визначення опіру резистора R4

(4.2)



Для схеми диференційного включення операційного підсилювача R1=R2, а R3=R4.

Оскільки діапазон вхідних напруг АЦП від 0 до 10 В, а діапазон вихідних напруг датчика SLP від 0 до 50 мВ, то необхідно забезпечити коефіцієнт підсилення рівний

.



Для датчика SLP вихідний струм згідно [5] становить 10 мА, а максимальна напруга – 50 мВ, тоді для схеми, що використовується у вимірювальному каналі розрідження

Ом.



Тоді опір резистора R4

Ом.



Для датчика 26 PC SMT діапазон вихідних напруг від 0 до 150 мВ. Для підсилення сигналу датчика необхідно забезпечити коефіцієнт підсилення

.



Для датчика 26 PC SMT вихідний струм згідно [5] становить 10 мА, а максимальна напруга – 150 мВ, тоді для схеми, що використовується у вимірювальному каналі різниці тисків

Ом.



Тоді опір резистора R4

Ом.



Для датчика FP2000 діапазон вихідних напруг співпадає з діапазоном вхідних напруг АЦП, тому підсилювати сигнал датчика не потрібно. Необхідно забезпечити коефіцієнт підсилення

.



Для датчика FP2000 вихідний струм згідно [5] становить 10 мА, а максимальна напруга – 10 В, тоді для схеми, що використовується у вимірювальному каналі надлишкового тиску



Ом.



Тоді опір резистора R4

Ом.



Розрахуємо резистор у схемі джерела живлення, зображеній на рисунку 3.8. Датчики живляться від напруги 10 В, трансформатор понижує напругу з 220 В до 15 В змінного струму, а на виході діодного моста маємо 15 В постійного струму. Для стабільної довготривалої роботи лінійного стабілізатора напруги МС7805 необхідно забезпечити якомога менше падіння напруги на ньому. Забезпечимо падіння напруги на мікросхемі на рівні 1 В, тоді на резисторі R падатиме напруга

.



Тоді опір резистора з врахуванням номінального значення струму в схемі 20 мА,

Ом.



У схемі діодного моста використаємо діоди 1N4148.

Для усунення високочастотних завад використаємо у схемі джерела живлення керамічні конденсатори K73-17-100B-0,1мкФ+10%.

Розрахуємо номінали резисорів у схемі підключення оптопари зображеної на рисунку 3.10.

Опір резисора R1 знайдемо за формулою

,(4.3)



де = 5 В – напруга рівня логічної одиниці;



= 1,5 В – падіння напруги на світлодіоді;



= 10 мА –струм, що протікає через світлодіод.



Тоді

Ом.



Резистор R2 вибираємо 47 кОм, а резистор R3 – 1 кОм.

**5. Розрахунок похибки вимірювання**

Джерелами виникнення похибки вимірювання є датчики тиску і температури та аналого-цифровий перетворювач.

Похибка мікросхеми ТМР03 – це похибка шпаруватості, яка визначається за формулою:

(5.1)



де f – період імпульсу, мс;



– тривалість імпульсу, мс.



Номінальна вихідна частота мікросхеми 35 Гц. Пристрій працює з фіксованою довжиною імпульсу Т1, яка складає 10 мс. Тоді

(мс),



.



СКВ квантування АЦП можна визначити за формулою

,(5.2)



де – крок квантування, який в свою чергу визначається при відомому значенні опорної напруги АЦП за формулою



,(5.3)



де – значення опорної напруги;



– розрядність АЦП.



В даному випадку використовується 8 розрядів АЦП.

Отже, крок квантування АЦП

.



Тоді СКВ похибки квантування

.



Абсолютна похибка квантування АЦП визначається за формулою

.(5.4)



Знайдемо



(В).



Відносна похибка квантування АЦП визначається за формулою

.(5.5)



Отже,

.



Відносна похибка датчика FP2000 становить 0,1%, тоді сумарна відносна похибка ІВС тиску газу в газопроводі становитиме

.



Розрахована похибка менше 1%, що відповідає умові завдання.

**Висновки**

В процесі виконання курсового проекту було розроблено інформаційно-вимірювальну систему тиску газу в газопроводі, в якій по чотирьох каналах вимірюється надлищковий тиск, різниця тисків, розрідження, а також температура в газороводі, а отримана вимірювальна інформація після перетворення її аналого-цифровими перетворювачами в цифровий код поступає на мікроконтролер, який через інтерфейс RS-485 передає її на персональний комп’ютер. Ситема дозволяє одночасно контролювати декілька параметрів у газопроводі.

В першому розділі проекту проведено технічне обгрунтування варіанту реалізації системи, при якому із трьох розглянутих варіантів вибрано за допомогою узагальненого якісного критерію один, який найбільше відповідає ідеальній системі.

В другому розділі розглянуто основні типи первинних перетворювачів тиску та температури, розроблено структурну схему інформаційно-вимірювальної системи.

В третьому розділі описані датчики тиску, розрідження, різниці тисків і температури та основні мікросхеми, що входять до електричної принципової схеми ІВС, такі, як мікроконтролер, АЦП, драйвер інтерфейсу RS-485.

Четвертий розділ містить електричні розрахунки.

В п’ятому розділі розраховано відносну похибку ІВС. Розрахована похибка менше 1%, що відповідає умові завдання.

**Література**

1. Поліщук Є.С., Дорожовець М.М., Яцук В.О. та ін. Метрологія та вимірювальна техніка: Підручник / Є.С.Поліщук, М.М.Дорожовець, В.О.Яцук, В.М.Ванько, Т.Г.Бойко; За ред. проф. Є.С.Поліщука. – Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2003. – 544с.
2. Энергетическое топливо (ископаемые угли, горючие сланцы, торф, мазут и горющий природный газ): Справочник / В.С.Вдовиченко, М.И.Мартынова, Н.В.Новицкий, Г.Д.Юшина. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 184с., ил.
3. Боднер В.А., Алферов А.В. Измерительные приборы (теория, расчет, проектирование): Учебник для вузов: В 2-х т. Т. 2: Методы измерений, устройство и проектирование приборов. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 224 с., ил.
4. Поліщук Е. С. Измерительные преобразователи: Учебн. пособие для вузов. - К.: Высш. шк., 1981. -296 с.
5. А. Маргелов. Датчики давления компании Honeywell. // CHIP NEWS Украина, №8(101), 2005. – с.17-21.
6. Кухарчук В.В., Кучерук В.Ю., Долгополов В.П., Грумінська Л.В. Метрологія та вимірювальна техніка. Навчальний посібник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. – 252с.