

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет комп'ютерних систем і автоматики
(повне найменування інституту)
Кафедра метрології та промислової автоматики
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи

магістр
(освітній ступень)

на тему: «Мікропроцесорна система гарячого водопостачання»

Виконав: студент 2 курсу,
групи КІВТ-18м
спеціальності 152 – Метрологія та
інформаційно-вимірювальна техніка
(освітня програма: комп'ютеризовані
інформаційно-вимірювальні технології)
(шифр і назва спеціальності)

Строган С.І.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник _____

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Вінниця - 2019 року

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет комп'ютерних систем і автоматики

Кафедра метрології та промислової автоматики

Освітній ступень магістр

Спеціальність 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

(освітня програма: комп'ютеризовані інформаційно-вимірювальні технології)

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МПА

д.т.н., проф. Кучерук В.Ю.

“ ” 2019 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Строган Сергій Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Мікропроцесорна система гарячого водопостачання»

керівник роботи Кучерук В.Ю., д.т.н., професор

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від №254 від 02.10.2019 р

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи діапазон вимірювання фізичної -40 - +100 °С; тип об'єкта

повірки-мікропроцесорний; зведена похибка вимірювання 0,1 %

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити

Провести огляд існуючих методів та засобів вимірювання. Реалізувати електричну

структурну схеми засобу. Обґрунтувати та розробити електричну принципову схему

засобу. Представити метрологічні характеристики засобу. Провести розрахунок

економічної частини.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Додаток А(обов'язковий) Технічне завдання.Додаток Б(обов'язковий)Структурна

схема.Додаток В(обов'язковий)Схема електрична принципова. Додаток

Г(обов'язковий) Перелік елементів. Додаток Д(обов'язковий)Блок схема роботи

приладу.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Кучерук В.Ю., д.т.н., проф	02.09.2019	13.09.2019
2	Кучерук В.Ю., д.т.н., проф	13.09.2019	27.09.2019
3	Кучерук В.Ю., д.т.н., проф	27.09.2019	07.10.2019
4	Кучерук В.Ю., д.т.н., проф	07.10.2019	18.10.2019
5	Кучерук В.Ю., д.т.н., проф	18.10.2019	17.11.2019
6	Ратушняк О.Г. к.т.н., доц.	18.11.2019	02.12.2019

7. Дата видачі завдання 02 вересня 2019 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд існуючих методів виявлення води у сирому молоці	02.09.2019 13.09.2019	
2	Реалізація електричної структурної схеми засобу виявлення вмісту води	13.09.2019 27.09.2019	
3	Обґрунтування та розробка електричної функціональної схеми засобу	27.09.2019 07.10.2019	
4	Електрична принципова схема лічильника порцій молока	07.10.2019 18.10.2019	
5	Метрологічні характеристики засобу	18.10.2019 17.11.2019	
6	Економічна частина	17.11.2019 02.12.2019	

Студент _____

(підпис)

Симчук І.Г.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

Кулаков П.І.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

В даній дипломній роботі буде розроблятися мікропроцесорна система гарячого водопостачання. Під час виконання дипломної роботи буде здійснено аналіз методів та засобів вимірювання температури та перетворювачів температури, буде проведено технічне обґрунтування варіанту реалізації системи, розроблено структурну, електричну принципову схеми мікропроцесорної системи гарячого водопостачання, буде показано метрологічні характеристики та алгоритм роботи системи.

Технічне завдання, структурну схему, електричну принципову схему, перелік елементів та алгоритм роботи системи буде наведено в додатках.

REFERAT

In this thesis the microprocessor hot water system will be developed. During the diploma work the analysis of methods and means of measuring the temperature and the temperature converters will be carried out, the technical substantiation of the system implementation variant will be carried out, the structural, electrical schematic diagram of the microprocessor system of hot water supply will be developed, the metrological characteristics and the algorithm of the system operation will be shown.

The terms of reference, block diagram, wiring diagram, list of elements and algorithm of system operation will be given in the appendices.

ЗМІСТ

Вступ	8
1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ.....	10
1.1 Основні поняття про температуру та перетворювачі температури.....	10
1.1.1 Особливості вимірювання температури.....	14
1.2 Класифікація методів та засобів вимірювання температури.....	15
1.2.1 Методи вимірювання температури.....	15
1.2.2 Засоби вимірювання температури.....	29
1.3 Цифрові вимірювачі температури.....	37
1.4 Регулювання температури системи гарячого водопостачання.....	41
2 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	45
3 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ	50
3.1 Вибір мікроконтролера.....	50
3.2 Вибір датчика температури	53
3.3 Вибір інтерфейсу	54
3.4 Розробка схеми живлення.....	56
4 РОЗРОБКА АЛГОРИТМІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	58
5 МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ	64
6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	69
6.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки	69
6.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи.....	76
6.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	83
ВИСНОВКИ.....	88
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	89
Додатки.....	92
Додаток А (обов'язковий) Мікропроцесорна система гарячого водопостачання. Технічне завдання.....	93

Додаток Б (обов'язковий) Мікропроцесорна система гарячого водопостачання. Структурна схема.....	94
Додаток В (обов'язковий) Мікропроцесорна система гарячого водопостачання. Схема електрична принципова.....	95
Додаток Г (обов'язковий) Мікропроцесорна система гарячого водопостачання. Перелік елементів.....	96
Додаток Д (обов'язковий) Мікропроцесорна система гарячого водопостачання. Блок схема	97

ВСТУП

Температура є фізичною величиною, вона характеризується внутрішньою енергією кіл і тому безпосередньому вимірюванню не піддається. Усі методи вимірювання температури основані на її перетворенні в іншу фізичну величину, котра піддається безпосередньому вимірюванню. При дослідженні матеріалів, в сучасному промисловому виробництві, наукових дослідах та зразків вимірювання температури є найрозповсюдженими. Різноманітність умов використання засобів вимірювання, широкий діапазон вимірювальних температур і вимог до них визначають, з одного боку, різноманітність засобів вимірювання температури, а з іншого - необхідність розробки нових типів первинних перетворювачів.

На даному етапі розвитку техніки мікропроцесорних системах гарячого водопостачання існують проблеми з вимірюванням температури, з економією споживчої потужності самих приладів, зниження температури опалення в співвідношенні до температури навколишнього середовища, що призведе до зниження затрат на опалення і водопостачання, що відповідно призведе до зменшення собівартості опалення та гарячого водопостачання.

На сьогоднішній день враховуючи значний прогрес в галузі первинних вимірювальних перетворювачів та особливими можливостями мікропроцесорної техніки першочергово виходять мікропроцесорні засоби вимірювання даних величин. Їхнім пріоритетом є: зробити вимірювальний процес автоматизованим та автоматично обробляти результати вимірювання та здійснювати неперервний запис результатів контролю. Розробка сучасної контрольно-вимірювальної апаратури для реєстрації температури та інших показників під час проходження технологічних процесів стало досить складним технічним завданням. Проте застосування даних засобів автоматизації контролю температури, які засновані на базі мікропроцесорів, є необхідною умовою реалізації будь-якої автоматизованої системи управління технологічними процесами в народному господарстві. Таким чином

зменшуються затрати на ручну працю, та підвищується точність, надійність та достовірність реєстрації температури.

Актуальність теми. Дана тема є досить актуальною, у зв'язку з швидким прогресом та розвитком технічних засобів – мікропроцесорної техніки і персональних електронно-обчислювальних машин, функціональність яких дає можливість використовувати найсучасніші та найдосконаліші методи систем контролю температури та керування в системах опалення і гарячого водопостачання. Застосування мікропроцесорної техніки підвищує точність контролю температури, та зменшує виробничі затрати продукції.

Мета роботи. Створення мікропроцесорної системи застосовуючи яку зменшиться собівартість теплової енергії за рахунок простішої апаратурної реалізації, вдосконаленої системи регулювання, підвищення метрологічних характеристик.

Задачі дослідження. Для досягнення поставленої мети в роботі вирішуються такі задачі:

- провести структуру вимірювання температури ;
- розробка мікропроцесорної системи гарячого водопостачання;
- виконати порівняльний аналіз методів та засобів вимірювання температури та перетворювачів температури.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених задач використовувались методи критеріального аналізу, чисельні методи та методи математичного моделювання .

Об'єкт дослідження – процес вимірювання та регулювання температури.

Предмет дослідження – мікропроцесорна система гарячого водопостачання.

Практичною новизною роботи є те, що даний прилад є ефективніший у використанні при вимірюванні, засіб можна підключити до комп'ютера для відображення, редагування чи перенесення на інші ЕОМ інформації.

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

1.1 Основні поняття про температуру та перетворювачі температури

Температурою називають величину, що характеризує тепловий стан тіла. Температура визначається як параметр теплового стану. Значення цього параметру обумовлюється середньою кінетичною енергією поступального руху молекул даного тіла. Тобто коли з'єднуються два тіла, припустимо, газоподібних, перехід тепла від одного тіла до іншого буде відбуватися до тих пір, поки значення середньої кінетичної енергії опосередкованого руху молекул цих тіл не будуть рівними. Зі зміною середньої кінетичної енергії руху молекул тіла змінюється ступінь його нагрівання, також при цьому змінюються його фізичні властивості тіла. При певній температурі кінетична енергія будь-якої окремої молекули тіла може досить сильно відрізнитися від його середньої кінетичної енергії. Саме тому поняття температури є доволі таки статистичним і застосовується тільки до тіл, котрі складаються з досить великої кількості молекул.

Статистичні закони не можуть бути застосовані до простору з значно розсіяною матерією. У цьому випадку температура буде визначатися потужністю потоків радіаційної енергії, проходячи через тіло, і дорівнює температурі абсолютно чорного тіла з такою потужністю випромінювання. Виходячи з цього, зрозуміло, що з розвитком науки та техніки поняття «температура» набуває багатьох значень. Припустимо, при проведенні дослідження високотемпературної плазми було введено таке поняття як: «електронна температура», котра характеризувала потік електронів у плазмі.

Діапазон існуючих температур можна поділити на ряд характерних піддіапазонів: наднизькі температури (0–4,2 К), низькі (4.2–273 К), середні (273– 1300 К), високі (1300-5000 К) та надвисокі (від 5000 К і вище). Наднизькі і низькі температури потрібно вимірювати при проведеннях різних фізичних

експериментів, а особливо при дослідженні надпровідності та її технічному застосуванні, у криогенній техніці тощо. Верхньою межею дуже низьких температур умовно прийнята температура, за якої провідники переходять у надпровідний стан. Найчастіше температури, які вимірюються знаходяться в області низьких, середніх та високих температур. Ці виміри застосовуються у різних галузях народного господарства, при наукових дослідженнях, в медицині, тощо. [1]

Головними приладами що вимірюють температуру є: термометри розширення, манометричні термометри, термометри опору з логометрами або мостами, термопари з мілівольтметрами або потенціометрами, пірометри випромінювання в залежності від діапазону вимірювання використовують різні види термометрів: в діапазоні низьких і середніх температур найчастіше використовуються контактні методи вимірювання, найчастіше на практиці використовуються первинні перетворювачі, такі як термометри опору і термопара. Щоб виміряти високі та надвисокі значення температур використовують безконтактні методи, а саме: пірометри.

Прилад, який використовується для вимірювання температури перетворюючи її значень в сигнал чи показання, має назву термометр.

Термін «температурна шкала» являє собою сукупність чисел, лінійно пов'язану з числовим значенням будь якої точно вимірюваної властивості, яка є однозначною і монотонною функцією температури. На початку ХХ століття широко застосовувалися шкали Цельсія і Реомюра, а в наукових роботах - також шкали Кельвіна і водневу. Перетворення з однієї шкали в іншу завдавали великих труднощів і призводили до непорозумінь. Саме тому в 1933 році було прийнято рішення про введення Міжнародної температурної шкали (МТШ). Виходячи з досвіду застосування МТШ показало потребу внесення в неї велику кількість уточнень і доповнень, щоб найбільше наблизити її до термодинамічної шкали. Через це МТШ була доповнена і приведена у відповідність із станом знань тих часів. У 1960 році було затверджене нове "Положення про міжнародну практичну температурну шкалу 1948 року".

Фаренгейт (1715 р.), Реомюр (1776 р.) і Цельсій (1742 р.) при розробці шкал базувались на припущенні лінійного зв'язку між температурою T і термометричними властивостями як, наприклад, розширення об'єму рідин V , а саме:

$$T = a + b \cdot V, \quad (1.1)$$

де a і b – сталі коефіцієнти.

Підставивши в це рівняння $V = V_1$, при $T = T_1$ $V = V_2$ при $T = T_2$, після перетворень отримаємо рівняння температурної шкали:

$$t = t_1 + \frac{t_2 - t_1}{V_2 - V_1} (V - V_1), \quad (1.2)$$

де $(t_2 - t_1)$ – головний інтервал.

В шкалах Фаренгейта, Реомюра і Цельсія точка танення льоду T_1 , відповідала $+32,0$ і 0 градусам, а точка кипіння води $T_2 = 212,80$ і 100 градусам. Головний інтервал ділиться відповідно на $N = 180$, 80 і 100 рівних частин, і $1/N$ частину кожного з інтервалів називають градусом Фаренгейта – $T^\circ\text{F}$, градусом Реомюра – $T^\circ\text{R}$ і градусом Цельсія – $T^\circ\text{C}$.

Одиницею температури було прийнято градус, він дорівнює $1/100$ діапазону температур від точки танення льоду (0°C) до точки кипіння води (100°C).

Дану одиницю за шкалою Цельсія позначають 1°C . В шкалі Цельсія нульова температура відповідає точці танення льоду. Тобто температури, які нижчі за нульову – від'ємні.

Найнижча температура, яка відповідає абсолютному нулю, дорівнює $273,16^\circ\text{C}$. Нуль шкали Кельвіна рівний абсолютному нулю, ось тому всі температури за цією шкалою є додатніми.

Саме тому, для шкал які побудовані за вказаним принципом, градус не являється одиницею вимірювання, а представляє собою масштаб шкали. Щоб перерахувати температуру з однієї шкали в іншу застосовують ось такі

співвідношення:

$$T^{\circ}\text{C} = 1,25 R = (T^{\circ}\text{F} - 32). \quad (1.3)$$

Температуру вимірюють за допомогою приладів, які застосовують різноманітні термометричні властивості рідин, газів і твердих тіл. Відомо десятки різних пристроїв, котрі застосовують в промисловості, при наукових дослідженнях, для спеціальних цілей.[3]

У таблиці 1.1 приведені найбільш поширені засоби для вимірювання температури і їх практичні межі застосування.

Таблиця 1.1 - Найбільш поширені засоби для вимірювання температури

Термометрична властивість	Назва пристрою	Межі тривалого застосування, °C	
		Нижня	Верхня
Теплове розширення	Рідинні скляні термометри	-190	600
Зміна тиску	Манометричні термометри	-160	60
Зміна електричного опору	Електричні термометри опору. Напівпровідникові термометри опору	-200	500
		-90	180
Термоелектричні ефекти	Термоелектричні термометри (термопари) стандартизовані. Термоелектричні термометри (термопари) спеціальні	-50	1600
		1300	2500
Теплове випромінювання	Оптичні пірометри.	700	6000
	Радіаційні пірометри.	20	3000
	Фотоелектричні пірометри.	600	4000
	Колірні пірометри	1400	2800

1.1.1 Особливості вимірювання температури

Головною особливістю вимірювання температури, як неелектричної величини її перетворення в електричну за допомогою первинного вимірювального перетворювача (сенсора) з подальшим її вимірюванням вторинним електровимірювальним приладом.

За винятком інтегральних, всі датчики температури мають нелінійну функцію перетворення.

Резистивні датчики температури (термометри опору) характеризуються досить високою точністю, але не вимагають зовнішнього струму збудження і являють собою складові мостових засобів вимірювань.

В таблиці 1.2 наведено перелік розповсюджених типів датчиків температури та їхні основні метрологічні характеристики. Термістори мають найвищу чутливість, проте вони мають найбільшу нелінійність.

Напівпровідникові датчики температури є високоточними, з високою лінійністю в діапазоні робочих температур від $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Внутрішні підсилювачі масштабують вихідний сигнал до значень, зручних для АЦП перетворення, наприклад, $10\text{ мВ}/^{\circ}\text{C}$.

Таблиця 1.2 – Основні метрологічні характеристики сенсорів температури

Термопары	Термометри Опору	Термістори	Напівпровідникові сенсори температури
Найширший діапазон температур: $-184\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +2300\text{ }^{\circ}\text{C}$	Діапазон температура-тур: $-200\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +850\text{ }^{\circ}\text{C}$	Діапазон температур: $0\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +100\text{ }^{\circ}\text{C}$	Діапазон температур: $0\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +100\text{ }^{\circ}\text{C}$
Висока точність та повторюваність	Висока лінійність	Низька лінійність	Лінійність: $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ Абсолютна похиб-ка: $1\text{ }^{\circ}\text{C}$

1.2 Класифікація методів та засобів вимірювання температури

Розглянемо класифікацію методів та засобів вимірювання температури.

Різні засоби для вимірювання температури поділяються по типу використовуваних первинних вимірювальних перетворювачів. В діапазоні низьких і середніх температур застосовують в основному контактні методи вимірювання.



Рисунок 1.1 – Класифікація термометрів

1.2.1 Методи вимірювання температури

Найбільш широко з контактних методів використовують термоелектричні і терморезистивні методи. Решта контактних термометричних методів головним чином застосовуються при наукових дослідженнях чи для відображення температурної шкали. Основною відмінністю цих методів і відповідних засобів вимірів є простота, надійність, низька собівартість і

можливість отримання високої точності вимірювання. Однак, застосовуючи контактні методи, досить просто створити багатоканальні вимірювальні системи для безупинного вимірювання параметрів температурного поля складних об'єктів.

Безконтактний метод оснований на властивості тіл відтворювати теплову енергію, за якою і вимірюють температуру досліджуваного об'єкта.

Обираючи той чи інший метод вимірювання потрібно звернути увагу на певні чинники, а саме: значення вимірюваних температур, агресивність досліджуваного середовища та динамічні характеристики а також чутливість і точність вимірювання. Часто ці чинники суперечать, що ускладнює вибір методу. Визначальними є, насамперед, діапазон вимірюваних температур і потрібна точність вимірювання.

При контактному методі вимірювань, коли первинний перетворювач поміщається безпосередньо в досліджуване середовище, завжди спостерігається деяке спотворення температурного поля середовища як наслідок неоднорідності теплофізичних властивостей середовища і перетворювача. Ступінь спотворення температурного поля залежить, в основному, від теплоємностей досліджуваного середовища та перетворювача і є практично незначним. Що ж стосується неточності (похибки) відтворення термоперетворювачем температури досліджуваного середовища, то вона зумовлена тепловідведенням по елементах конструкції термоперетворювача, радіаційним теплообміном, тепловою інерцією, а також такими внутрішніми джерелами енергії, як нагрівання чутливого елемента термоперетворювача вимірювальним струмом, і може набувати досить великі значення. Зменшити ці похибки можна, правильно вибравши конструкцію перетворювача і встановивши його на досліджуваний об'єкт. Зокрема, для зменшення похибок від тепло відведення конструкційні елементи перетворювача виготовляють з матеріалів з малою теплопровідністю, а відношення довжини перетворювача до його діаметра вибирають порівняно великими. Повинен

бути забезпечений тепловий контакт між чутливим елементом перетворювача і досліджуваним середовищем.

При безконтактних методах вимірювань чутливий елемент перетворювача знаходиться поза досліджуваним об'єктом, що виключає спотворення температурного поля об'єкта і дає можливість вимірювати температуру об'єктів малої теплоємності. Основне ж застосування безконтактних методів - це вимірювання високих температур. Основними джерелами похибок безконтактних вимірювачів є залежність випромінювальної здатності від стану поверхні досліджуваного тіла та інших його властивостей, вплив на тракт перетворення (простір між джерелом випромінювання і приймачем) сторонніх випромінювань, теплопоглинальна здатність тракту перетворення тощо.[9]

Контактні методи вимірювання температури

Частіше всього щоб виміряти температуру використовують контактні методи, які передбачають застосування чутливих елементів перетворювачів електричного опору чи термопар.

Робота термоперетворювачів опору полягає в зміні електричного опору металів, чи напівпровідників, при зміні температури.

Найпоширенішими у використанні платинові та мідні термоперетворювачі опору. Платинові термоперетворювачі здатні вимірювати температуру від -260 до 750 °С; мідні — від -200 до 200 °С.

Найбільш простим вторинним приладом, а саме приладом, який показує величину температури в залежності від зміни опору, термоперетворювача опору, є логометр магнітно-електричної системи.

Шкала логометра градуйована в градусах. Розраховується він на застосування з термоперетворювачем опору того типу, який вказано на шкалі засобу вимірювання.

Принципова електрична схема логометра з термоперетворювачем опору зображена на рисунку 1.1. За допомогою нерівномірного повітряного проміжку у вимірювальному механізмі створюється постійний магніт М який

забезпечує нерівномірне магнітне поле, яке має дві перехрещені рамки P_1 і P_2 . Разом з першою рамою увімкнено перетворювач опору R_{TO} , а з другою — резистор, зроблений з манганіну.

За температури, яка відповідає початку шкали логометра, величина опору перетворювача R_{TO} буде меншою, а струм у рамці, що увімкнена послідовно з цим опором, буде більшою. Саме тому ця рамка буде створювати найбільший обертовий момент, який буде врівноважений найбільшим моментом, що створюється другою рамкою, котра перебуває у положенні, де щілина між полюсами магніта M і центральним осердям буде мінімальною.

Збільшуючи величину контрольованої температури величина опору перетворювача R_{TO} буде збільшуватись, проте струм у ньому і у рамці, яка увімкнена разом з ним, а також і обертовий момент, створюваний цією рамкою, буде зменшуватись. Однак врівноваження цього моменту має відбутися при такому куті відхилення стрілки, коли друга рамка потрапить у місце щілини між полюсами магніту і центральним осердям, проте необхідно, щоб ширина щілини була більшою ніж в попередньому випадку. Логометри дуже часто використовують у схемах вимірювання температури.

Але за необхідності проведення вимірювань які мають похибки, які не перевищують одного відсотка, або реєстрації температури, термоперетворювачі опору застосовують в парі з автоматичними мостами, що забезпечують вимірювання з похибками, що не перевищують 0,25...0,5%.

Проте схеми які мають автоматичні мости більш складні ніж схеми з логометрами, а вартість цих мостів набагато. Варто враховувати це, вирішуючи питання про використання схем вимірювання температури.

На рисунку 1.2 зображено спрощену схему автоматичного врівноваженого мосту, який використовується при вимірюванні температури. за допомогою термоперетворювача опору. В даній схемі термоперетворювач R_{TO} увімкнено в одне з плечей вимірювального мосту. При цьому термоперетворювач приєднано за трипровідною схемою, джерело живлення якого приєднане до мосту коло самого перетворювача так, щоб проводи лінії

з'єднання перетворювача з мостом і R_{Π} опинялись у різних плечах мосту. Завдяки цьому суттєво зменшиться похибка вимірювання, яка спричинена зміною опорів мідних з'єднувальних проводів в залежності від збільшення або зменшення температури довкілля. Ця зміна є істотною при значній відстані між перетворювачем і мостом. Автоматично міст балансується пересуванням рухомого контакту реохорда R_P , механічно з'єданого з асинхронним реверсивним двигуном РД, керованим напругою підсилювача П, вхідні затискачі якого ввімкнено у вимірювальну діагональ мосту.[15]

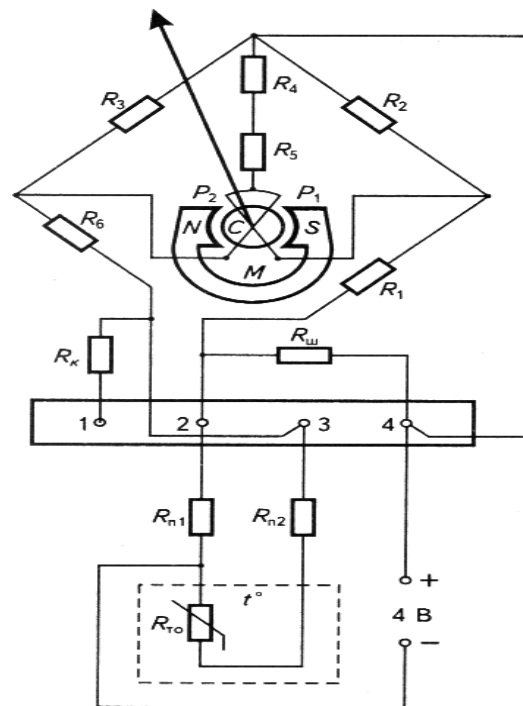


Рисунок 1.2 - Принципова електрична схема логометра з термоперетворювачем опору

Незбалансований міст підсилює діагональну напругу цим електронним підсилювачем і сприймається реверсивним двигуном як напруга на обмотці управління двигуна. [7]

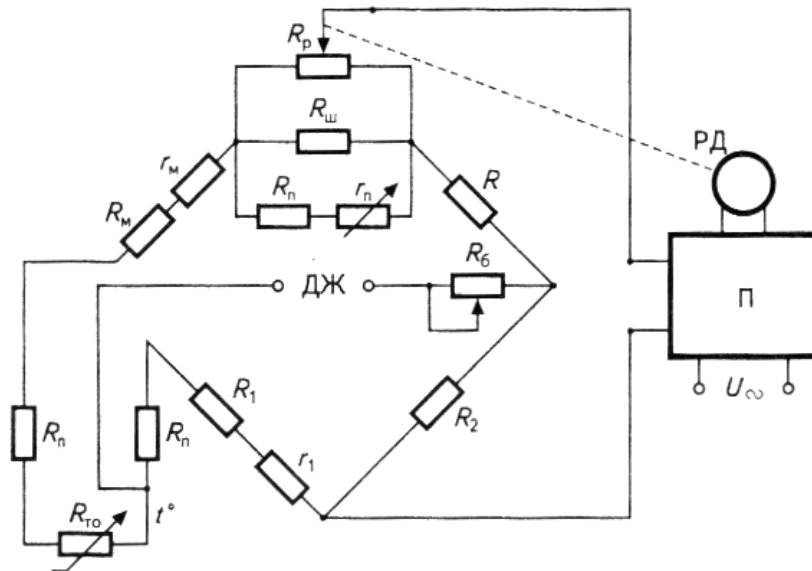


Рисунок 1.3 - Принципова схема автоматичного зрівноваженого мосту

Ротор двигуна починає рух у бік зменшення розбалансування мосту. В наслідок цього рухомий контакт реохорда R_p змінює своє положення, в якому міст буде збалансовано, а напруга на його вимірювальній діагоналі буде рівна нулю. В такому разі напруга, що прикладена до обмотки управління двигуном, також буде рівна нулю. Що призведе до припинення роботи двигуна рухомого контакту реохорда і показчика температури, котрий показуватиме ту величину температури, що буде діяти на термоперетворювач R_{To} . Наступні дії контакту реохорда і показчика по шкалі будуть відбуватись в разі зміни величини температури, яка контролюється термоперетворювачем R_{To} . До складу схеми автоматичного мосту входить два підгінні резистори R_p , з їхньою допомогою опори кіл проводів лінії, які з'єднає термоперетворювач опору з мостом, підлаштовуються до величин, яка задовольняє технічний опис.

Прийнявши термопару за перетворювач температури, що змінює температуру на термоелектрорушійну силу, то завдяки вторинним приладам, які вимірюють цю ЕРС, можуть бути мілівольтметр або автоматичний потенціометр.

Треба зазначити, що застосування для вимірювання температури термопар породжує дещо більше проблем, ніж застосування

термоперетворювачів опору. Справа в тому, що у перетворювача опору величина опору однозначно пов'язана з його температурою але не залежить від сторонніх причин. Застосовуючи термомпари її ЕРС залежить від різниці температур місця з'єднання різнорідних проводів, які створюють її, а також температури решти її кінців, які знаходяться за межами вимірювального об'єкта. Ці проводи приєднано до приладу, що вимірює ЕРС термомпари.

Тобто величина вимірюваної ЕРС залежить від температури приміщення, в яке заведено вільні кінці термомпари.

В багатьох випадках температура в приміщенні залежить від зовнішньої температури, а здебільшого від зовсім випадкових причин (припустимо, від протягів у приміщенні). Однак якщо постійно ввімкнений, що незважаючи на пору року, підтримує незмінну температуру у приміщенні, в яке заведено холодні кінці термомпар, даний недолік можна зменшити. Проте в умовах реальності, при наявності розкиданих на значних відстанях місцях встановлення вимірювальних кінців термомпар, виготовити ці термомпари з нерозривними лініями неможливо.

Саме тому використовують декілька засобів зменшення впливу коливань зовнішньої температури на результати вимірювання. До них відносять: укладання місць з'єднання холодних кінців термомпар у посудини з льодом; розміщення місць з'єднання у посудині Дюара; місця з'єднання у термостатах з автоматичним регулюванням температури на рівні вищої, ніж очікується у випадках проведення експериментів; місця з'єднання які розташовані глибоко в землі, де відсутні сезонні коливання температури; розміщення місць з'єднання у масивних металевих коробах; автоматичне введення поправок до показань вимірювальних приладів, залежно від величини температури у приміщенні, де зібрано місця з'єднань.

Для перенесення місць з'єднання термомпари з приладами, розміщеними у місці зі стабільнішою температурою, ніж та, що є біля кінців термомпари, які виходять з контрольованого об'єкта, застосовують термоелектродні проводи. Також їх ще називають "компенсаційними проводами", проте ніякої

компенсації температурної похибки вимірювань вони не здійснюють, а тільки переносять можливе місце з'єднання далі від місця вимірювання.

Термоелектродні проводи з одного боку приєднують до вивідних кінців термопар, а з іншого — безпосередньо до вимірювального приладу.

Мілівольтметри, які використовують для вимірювань ЕРС термопар, представляють собою магнітоелектричні засоби, що приєднуються до вивідних кінців термопар, або до кінців термоелектродних проводів. Ці шкали мілівольтметрів, які знаходяться на приєднанні до певних термоперетворювачів, градуують безпосередньо у градусах температури. Принципова схема з'єднання термопар ТП з мілівольтметром наведена на рисунку 1.3. Окрім вимірювального механізму ВМ, у схемі мілівольтметра присутні: резистор r_d , який допомагає налаштувати загальний опір мілівольтметра ВМ на величину напруги термопар ТП, яка відповідає величині температури, що вказана на останній позначці шкали. Паралельно також між собою з'єднані терморезистор $r_{тр}$, який має негативний температурний коефіцієнт опору, та резистор r_m , який виготовлений з манганінового дроту.

Ці два резистори призначені для компенсації впливу температури, що знаходиться навколо приладу, на показання мілівольтметра. Резистор r_m , встановлений поряд з мілівольтметром, використовують для того, щоб підігнати величину зовнішнього опору до величини, вказаної на шкалі мілівольтметра (звичайно це 5 чи 15 Ом).

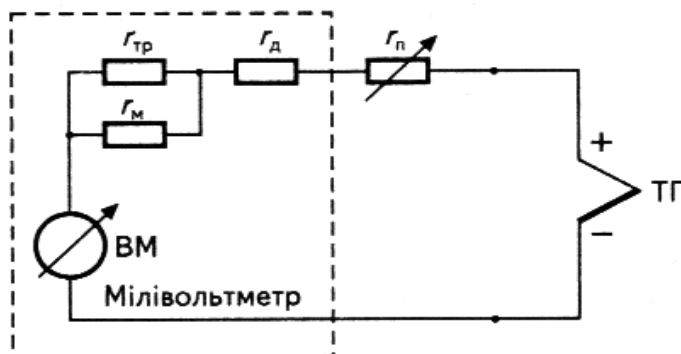


Рисунок 1.4 - Принципова схема з'єднання термопар з мілівольтметром

Зазначимо, що разом з нескладністю і надійністю схем вимірювання напруги термопар мілівольтметрами, дані засоби деколи не забезпечують очікуваної точності вимірювань.

Стаціонарні мілівольтметри зазвичай мають клас точності, котрий не вищий за 1...1,5. Однак використовуючи автоматичні потенціометри забезпечуються більш точні вимірювання, котрі мають клас точності 0,25 або 0,5.

Схему показано на рисунку 1.4, використовують для вимірювання ЕРС термопар автоматичним потенціометром. У потенціометрі застосовано мостову потенціометричну схему. В даній схемі ЕРС термопар компенсується за допомогою падіння напруги на резисторі R_p , з рухомим контактом, який рухається за допомогою реверсивного двигуна РД, обмотка управління якого W_y живиться за допомогою електронного підсилювача П. Двигун РД разом з рухомим контактом А резистора R_p рухає вздовж шкали механічно з'єднаний з ним покажчик температури, а також і каретку з пристроєм для писання, яка знаходиться на рухомій паперовій стрічці або диску викреслює залежність температури від часу.

Якщо між точками А та Б цієї схеми напруга дорівнює ЕРС термопар ТП, то напруги на входних затискачах 1 і 2 електронного підсилювача П немає. А так немає напруги і на його вихідних затискачах 3 і 4. Двигун РД при цьому перебуває у спокої, хоча напруга на його обмотці збудження W_3 є завжди.

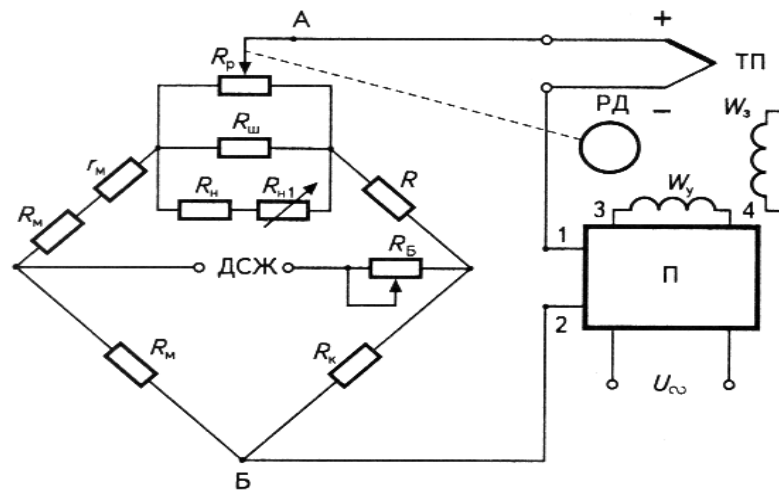


Рисунок 1.5 - Принципова схема для вимірювання ЕРС термопарі автоматичним потенціометром

Треба пам'ятати, що двигун РД — це двофазний асинхронний двигун, ротор якого починає обертатися тільки за присутності напруг на обох його обмотках, та ще й зсунутих за фазою одна відносно іншої.

Якщо ж ЕРС термопарі не повністю врівноважена падінням напруги, що є між точками А та Б, то напруга з'явиться на затискачах 1 і 2 підсилювача П.

У підсилювачі П ця напруга постійного струму перетвориться у напругу змінного струму (для цього там є вібраційний перетворювач) і, після підсилювання у фазочутливому блоці цього підсилювача, з'явиться на затискачах 3 і 4 підсилювача П. Ротор двигуна РД прийде до руху й почне переміщувати рухомий контакт резистора R_p у бік зменшення напруги між точками 1 та 2 підсилювача П.

Після зменшення цієї напруги до нуля, напруга на обмотці управління W_y зникне і двигун РД зупиниться, пересунувши рухомий контакт резистора R_p , а з ним і покажчик температури, і пристрій для писання у положення, що відповідає новому значенню вимірюваної температури.

При наявності у схемі резистора R_M , що виготовлений з мідного ізолюваного дроту, дає змогу частково компенсувати похибку вимірювань, що спричинена зміною величини температури у приміщенні, в якому

встановлено автоматичний потенціометр а також розміщено зовнішні кінці термопари.

При зміні температури в приміщенні виникають деякі зміни величини опору резистора R_M (тому що в міді досить значна величина температурного коефіцієнта електричного опору), саме тому, величина напруги між точкою Б схеми і точкою А буде змінена настільки, наскільки зміниться величина ЕРС термопари ТП завдяки зміні температури її зовнішніх кінців.

Резистори $R_{ш}$, R_H та R_{H1} призначені для початкового встановлення меж вимірювання температури; R_H та R_{H1} — для встановлення температури, що відповідає початку шкали потенціометра; R_B — резистор початкового регулювання величини напруги, що надходить на мостову потенціометричну схему від джерела стабільного живлення ДСЖ.

Автоматичний потенціометр живиться від мережі змінного струму напругою 220 В, 50 Гц, але вимірювальна частина схеми (самий потенціометричний міст) живиться постійним струмом від внутрішнього джерела стабільного живлення ДСЖ.[10]

Безконтактні методи вимірювання температури

Вимірюючи високі температури, або помірні температури в умовах, які несприятливі для розміщення в об'ємі з контрольованою температурою термоперетворювачів (наприклад, через наявність агресивного середовища), виконується за допомогою пірометрів, які можуть визначати величину температури через випромінювання.

Найпростішими є пірометри, де яскравість випромінюючого предмета (наприклад, деталі, що проходить термічну обробку у печі, яка має невеликий отвір у дверцях чи у стінці) порівнюють з яскравістю зразкового випромінювача — ниткою розжарювання фотометричної лампи. Для цієї лампи завчасно визначається залежність між температурою розжарюваної металеві нитки і величиною електричного струму, який проходить через неї.

Будова оптичного пірометра, що визначає температуру на основі порівняння яскравостей, показано на рисунку 1.5, а, де 1 — міліамперметр; 2

— реостат; 3 — окуляр; 4 — фотометрична лампа; 5 — корпус пірометра; 6 — об'єктив; 7 — джерело живлення кола лампи.

Під час вимірювання температури об'єктив 6 спрямовується на розжарене тіло, температура якого вимірюється.

За допомогою пересування об'єктива 6 і окуляра 3 досягають суміщення у одній площині зображення ділянки поверхні, яка випромінює, і нитки розжарювання лампи 4. Потім за допомогою реостата 2 змінюють величину струму, що споживається ниткою лампи від джерела живлення 7. За малого струму нитка лампи лишається темною на фоні зображення розжареної поверхні (рисунок 1.5, б, поз. 7), а при досить великому струмі розжарена нитка виглядає яскравішою, ніж зображення розжареної поверхні (рисунок 1.5, б, поз. 3), і лише при правильно вибраній величині струму, коли яскравості розжареної поверхні та нитки стають однаковими, нитка зникає з поля зору (рисунок 1.5, б, поз. 2).

Потрібно міліамперметром 1 точно виміряти струм, за якого нитка зникла з поля зору, а далі, виходячи з відомої залежності величини температури нитки розжарювання від величини струму, що її розжарює (рисунок 1.5, в), визначають величину.

Однак зручними у користуванні є оптичні пірометри з міліамперметром і батареєю живлення, які конструктивно розміщені у корпусі пірометра.

Звичайно, розміри і маса таких пірометрів бувають значно більшими.

Зараз вважають доцільніше мати заздалегідь визначену залежність між температурою нитки розжарювання фотометричної лампи і напругою, яка прикладена до неї. В такому разі слід використовувати не міліамперметр, а вольтметр.

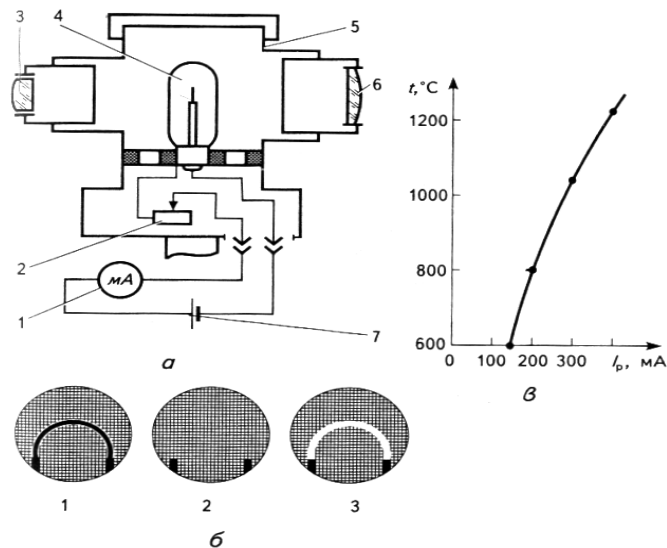


Рисунок 1.6 - Оптичний пірометр: а — будова; б — можливі зображення нитки фотометричної лампи при різних величинах струму в нитці; в — залежність температури нитки від величини струму розжарювання температури нитки, а також і температуру випромінювальної поверхні.

У радіаційних пірометрах потужність теплового випромінювання сприймається термобатареею, що складається з кількох термоперетворювачів (термопар), увімкнених послідовно. На плоскі місця зварювання електродів (проводів) термопар, розташованих поряд, чи зіркою, як показано на рисунку 1.6, напрямляють сфокусований об'єктивом промінь від випромінювальної поверхні, температуру якої необхідно визначити. Плоскі зварені кінці термопар 1 мають бути зачорнені шляхом оксидування (не блискучого), для одержання поверхні, що якнайбільше поглинає сфокусований об'єктивом промінь. "Холодні" кінці термоперетворювачів 2 слід захистити від випадкового попадання, хоч на деякі з них, частини сфокусованої світлової плями, бо це сприятиме зменшенню ЕРС термобатарей $E_{ТБ}$.

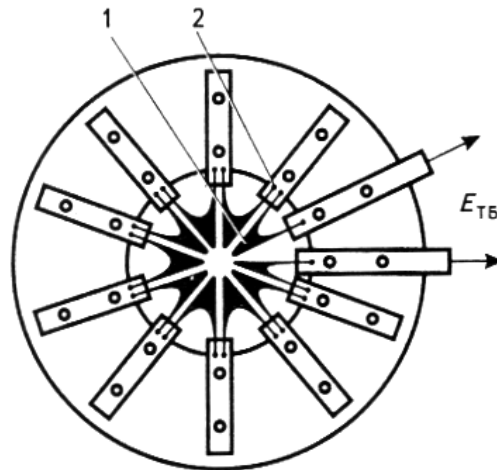


Рисунок 1.7 - Термобатарей радіаційного пірометра

Радіаційні пірометри здатні вимірювати температуру від 400 до 2500°С.

Ефективність подібних пірометрів знижується поглинанням енергії випромінювання у об'єктивах.

Саме тому їх бажано робити із кварцового скла так як воно мало поглинає інфрачервоне випромінювання.

При необхідності вимірювання радіаційними пірометрами невисоких температур (у межах 100...500 °С), за яких потужність світлового випромінювання зовсім мала, так як випромінювання у них в основному інфрачервоне, користуватись об'єктивами зовсім недоречно через значне поглинання ними енергії випромінювання. Для концентрації променя на термобатарей доцільніше використовувати увігнуте дзеркало, поперед якого встановлюють термобатарей.

Відповідно до літературних джерел, такі пірометри здатні вимірювати температури навіть значно менші за 100 °С (електронні підсилювачі для цього не потрібні).

Радіаційні пірометри мають меншу точність порівняно з яскравісними, проте вони не потребують ручного регулювання струму, який проходить ниткою розжарювання, а на вихідних затискачах термобатарей дають напругу, величина якої пропорційна потужності випромінювання. Для автоматичного

регулювання температури, а також для безперервного вимірювання температури та її реєстрації зручно користуватися цими пірометрами разом з автоматичними потенціометрами.

Перетворення енергії випромінювання в електричний струм величина якого функціонально пов'язана з яскравістю джерела випромінювання, виконують фотоелектричні пірометри.

Самими простими з цих пірометрів слід визнати переносні, котрі виготовлені на основі напівпровідникових фотоелементів та здатні до роботи з чутливими магнітоелектричними приладами без будь-яких проміжних електронних підсилювачів.

Більшість стаціонарних фотоелектричних пірометрів, виконаних на вакуумних або газонаповнених фотоелементах, адже вони, мають електронні підсилювачі, що використовуються для підсилення дуже слабких струмів фотоелементів.[11]

1.2.2 Засоби вимірювання температури

Цифрові термоелектричні термометри

Для вимірювання температури широкого поширення набули термоелектричні термометри, що працюють в діапазоні температур від -200 до $+2500$ $^{\circ}\text{C}$ і вище. Цей тип пристроїв характеризує висока точність і надійність, можливість використання в системах автоматичного контролю і регулювання параметра, що значною мірою визначає хід технологічного процесу в металургійних агрегатах.

Суть термоелектричного методу полягає у виникненні ЕРС в провіднику, кінці якого мають різну температуру. Для того, щоб зміряти дану ЕРС, її порівнюють з ЕРС іншого провідника, що створює з першим термоелектричну пару АВ рисунок 2.1, в ланцюзі якої пройде струм.



Рисунок 1.8 - Термоелектричний термометр

Результуюча термо-ЕРС ланцюга, яка включає два різних провідника А і В (однорідних по довжині), рівна:

$$E_{AB}(t_2, t_1) = e_{AB}(t_2) + e_{AB}(t_1) \quad (1.4)$$

або

$$E_{AB}(t_2, t_1) = e_{AB}(t_2) - e_{AB}(t_1) \quad (1.5)$$

де $e_{AB}(t_2)$ і $e_{AB}(t_1)$ - різниці потенціалів провідників А і В відповідно при температурах t_2 і t_1 , мВ.

Термо-ЕРС даної пари залежить тільки від температури t_1 и t_2 і не залежить від розмірів термоелектродів (довжини, діаметру), величин теплопровідності і питомого електроопору.

Щоб збільшити чутливість термоелектричного методу вимірювання температури у деяких випадках використовують термобатарей: декілька послідовно включених термопар, робочі кінці яких знаходяться при температурі t_2 , вільні при відомій і постійній температурі t_1 .

Термоелектричний термометр (ТТ) являє собою вимірювальний перетворювач, чутливий елемент якого (термопара) розташований в спеціальній захисній арматурі, що забезпечує захист термоелектродів від механічних пошкоджень і дії вимірюваного середовища.

Існує два типи термоелектричних термометрів: занурювані та поверхневі. В сучасному світі виготовляються пристрої різних модифікацій, котрі відрізняються за призначенням та умовам експлуатації, за матеріалом захисного чохла, за способом установки термометра в точці вимірювання, по

герметичності і захищеності від дії вимірюваного середовища, по стійкості до механічних дій, по ступеню теплової інерційності тощо.

При тривалому використанні високих температур і агресивній дії середовищ з'являється нестабільність градууювальної характеристики, котра є наслідком ряду причин: забруднення матеріалів термоелектродів домішками із захисних чохлаів, керамічних ізоляторів і атмосфери печі; випаровування одного з компонентів сплаву; взаємної дифузії через спай. Величина відхилення може бути значною і різко збільшується із зростанням температури і тривалістю експлуатації. Дані обставини необхідно враховувати при оцінці точності вимірювання температури у виробничих умовах. Перевірка ТТ зводиться до визначення температурної залежності термо-ЕРС і порівнянні одержаного градуювання із стандартними значеннями.

Робота термоелектричних термометрів базується на тому, що чутливим елементом є термопара (контакт між металами з різною електронегативністю створює контактну різницю потенціалів, яка залежить від температури).

Термоелектричні перетворювачі мають дуже широкий діапазон вимірювання — від $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $2200\text{ }^{\circ}\text{C}$ (короткочасно до $2500\text{ }^{\circ}\text{C}$), можуть вимірювати температуру у точці об'єкта або вимірюваного середовища, мають малі габаритні розміри — від $0,5\text{ мм}$ (великі діаметри захисних оболонок визначаються вимогами механічної і термічної міцності). Термоелектричні перетворювачі відрізняються достатньо високою точністю і стабільністю характеристик перетворення, хоча вони і поступаються трохи за цими показниками термоперетворювачам опору.

Недоліками вважається необхідність використання спеціальних термоелектродних провідників для підключення перетворювачів до вимірювального приладу і необхідність стабілізації або автоматичного введення поправки на температуру вільних кінців.

До матеріалів, які використовуються для виготовлення чутливих елементів термоелектричних термометрів, ставляться такі ж вимоги, як і для

термометрів опору. У наш час застосовуються стандартні термоелектричні термометри: мідь-копелеві, мідь-міднокопелеві.

Для вимірювання термо-ЕРС термоелектричних термометрів найбільшого поширення набули магнітоелектричні мілівольтметри і потенціометри — автоматичні і з ручним керуванням. Мілівольтметри для вимірювання е.р.с. можуть бути показуючими, самопишучими і регулюючими з класами точності 0,2; 0,5; 1,0 і 1,5. Потенціометри істотно підвищують точність вимірювання термо- е.р.с. Автоматичні потенціометри для вимірювання термо-ЕРС випускаються показуючими і самопишучими, одно- і багатоточковими. Запис показів здійснюється на стрічковому або дисковому діаграмному папері, або у пам'ять ЕОМ.

Принцип дії заснований на ефекті Зеебека або, інакше, термоелектричному ефекті. Коли кінці провідника знаходяться при різних температурах, між ними виникає різниця потенціалів, пропорційна різниці температур. Коефіцієнт пропорційності називають коефіцієнтом термо-ЕРС. У різних металів коефіцієнт термо-ЕРС різний і, відповідно, різниця потенціалів, що виникає між кінцями різних провідників, буде різна. Поміщаючи спай з металів з відмінними коефіцієнтами термоерс в середовище з температурою T_1 , ми отримаємо напругу між протилежними контактами, які перебувають при іншій температурі T_2 , яке буде пропорційно різниці температур T_1 і T_2 .

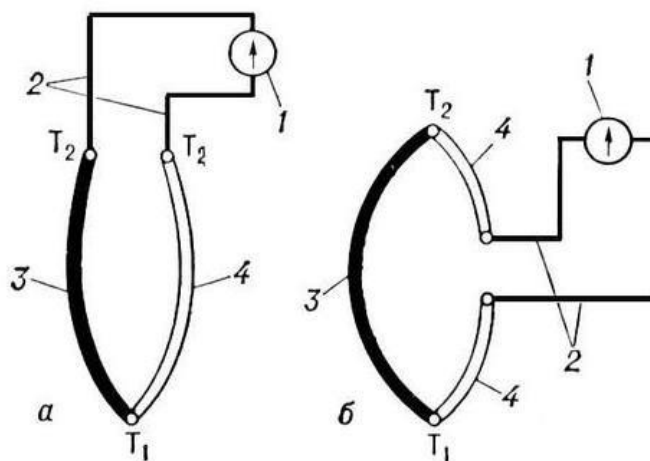


Рисунок 1.9 - Принципова схема включення двох термопар

Переваги термопар:

- великий температурний діапазон вимірювання
- простота
- дешевизна
- надійність

Недоліки термопар:

- важко досягти високої точності

Дія термоелектричних термометрів заснована на властивості металів і сплавів створювати термоелектрорушійну силу (термо-е.р.с), що залежить від температури місця з'єднання (спаю) кінців двох різнорідних провідників (термоелектродів), що утворюють чутливий елемент термометра — термопару. Маючи у своєму розпорядженні закон зміни термо-е.р.с. термометра від температури і визначаючи значення термо-е.р.с. електровимірювальним приладом, можна знайти шукане значення температури в місці вимірювання.

Термоелектричний термометр, що складається із двох спаяних і ізольованих по довжині термоелектродів, захисного чохла і головки із затискачами для підключення сполучної лінії, є первинним вимірювальним перетворювачем. Як вторинні прилади, що працюють із термоелектричними термометрами, застосовуються магнітоелектричні мілівольтметри і потенціометри.

Термоелектричні термометри широко застосовуються в енергетичних установках для вимірювання температури перегрітої пари, димових газів, металу труб котлоагрегатів і т.п. Позитивними властивостями їх є: великий діапазон вимірювання, висока чутливість, незначна інерційність, відсутність стороннього джерела електричного струму і легкість здійснення дистанційної передачі показань. Для одержання порівняно високих значень термо-е.р.с. вибір термоелектродів проводиться таким чином, щоб у парі із платиною один з них створював позитивну, а інший негативну термо-е.р.с. Термоелектричні

термометри, що одержали практичне застосування, розділяються по матеріалам термоелектродів на дві групи: зі благородних (платина, платинородій) і неблагородних металів або сплавів (хром-алюмель, хромель-копеловий сплав). Термометри типів ТПП і ТПР із термоелектродами із благородних металів і сплавів застосовуються головним чином для вимірювання температури вище 1000°C , тому що вони мають велику термостійкість. Незважаючи на відносно малі значення що розвиває термо-е.р.с. термометри типу ТПП завдяки винятковій сталості термоелектричних властивостей і великому діапазону вимірювання одержали широке поширення головним чином як лабораторні, зразкові і еталонні.

Випускаються одинарні (з одним чутливим елементом) і подвійні (із двома чутливими елементами) термоелектричні термометри різних типів.

Подвійні термометри застосовуються для вимірювання температури в тому самому місці одночасно двома вторинними приладами, установленими в різних пунктах спостереження. Вони містять два однакових чутливих елементи, з'єднаних у загальні арматури. Термоелектроди ізольовані одне від одного і знаходяться у захисному чохлі. [13]

Цифрові термометри опору

Для вимірювання температур до 650°C застосовуються термометри опору (ТО), принцип дії яких заснований на використанні залежності електричного опору речовини від температури. Знаючи дану залежність, по зміні величини опору термометра судять про температуру середовища, в яке він занурений. Вихідним параметром пристрою є електрична величина, яка може бути виміряна з досить високою точністю (до $0,02^{\circ}\text{C}$), передана на великі відстані і безпосередньо використана в системах автоматичного контролю і регулювання.

Як матеріали для виготовлення чутливих елементів ТО використовуються чисті метали: платина, мідь, нікель, залізо і напівпровідники.

Зміна електроопору даного матеріалу при зміні температури

характеризується температурним коефіцієнтом опору $\alpha \left(\frac{1}{^{\circ}\text{C}} \right)$, який обчислюється за формулою:

$$\alpha = (R_t - R_0)/(R_0 t), \quad (1.6)$$

де t - температура матеріалу, $^{\circ}\text{C}$; R_0 і R_t - електроопір відповідно при 0°C і температурі t , *Ом*.

Опір напівпровідників із збільшенням температури різко зменшується, тобто вони мають негативний температурний коефіцієнт опору практично на порядок більше, ніж у металів. Напівпровідникові термометри опору (ТОНП) в основному застосовуються для вимірювання низьких температур (1,5 - 400 *К*).

Перевагами ТОНП є невеликі габарити, мала інерційність, високий коефіцієнт. Проте вони мають істотні недоліки:

- нелінійний характер залежності опору від температури;
- відсутність відтворюваності складу і градуювальної характеристики, що виключає взаємозамінюваність окремих ТО даного типу. Це приводить до випуску ТОНП з індивідуальним градуюванням.

Термометри опору призначені для вимірювання температури, робота яких основана на зміні опору чутливого елемента від температури.

Термометри опору складаються із термоперетворювача (терморезистора), захитного чохла і з'єднувальної головки. Чутливий елемент металевого термометра опору являє собою обмотку на теплостійкому ізольованому каркасі із тонкої мідної, платинової, вольфрамової або молібденової проволки.

Діапазон вимірювання температур металевих термометрів опору типу ТСП від мінус 200 до плюс 650 $^{\circ}\text{C}$, а типу ТСМ від мінус 50 до плюс 180 $^{\circ}\text{C}$. Чутливий елемент напівпровідникового термометра опору виконаний у

вигляді шайби або бусинки із напівпровідникового металу (мідно-маргенцеві, кобальто-маргенцеві порошки з добавками).[14]

Опір термометрів в промислових умовах вимірюється мостами або логометрами. Незрівноважені мости використовують рідко із-за таких недоліків, як нелінійної градуовальної характеристики, залежності їх показань від значення напруги живлення. Найбільше поширення одержали зрівноважені мости, в плечі яких вмикають термометри опору (рисунок 1.1).

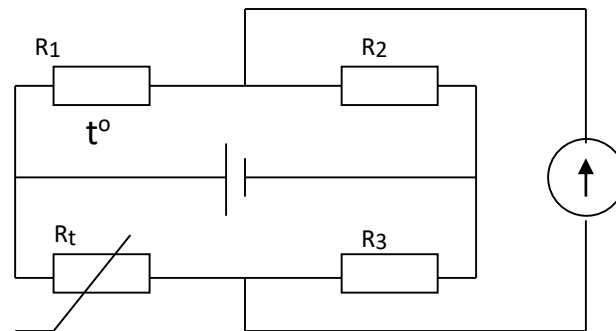


Рисунок 1.10 – Мостова схема включення термометра опору

Умовою рівноваги мостової схеми є рівність добутків опорів протилежних плеч

$$R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_t. \quad (1.10)$$

Величина порушення цієї умови рівноваги фіксується вимірювальним приладом ВП.

Переваги термометрів опору:

- висока точність вимірювань
- висока надійність при використанні 4-х провідної схеми вимірювання

Недоліки термометрів опору:

- низький діапазон вимірювань
- не можуть вимірювати високих температур

1.3 Цифрові вимірювачі температури

Загальні особливості побудови цифрових вимірювачів температури (ЦВТ) зв'язані з низьким рівнем сигналів первинних вимірювальних перетворювачів, високим рівнем завад нормального та спільного видів (як правило, співвимірним з корисним сигналом), необхідністю лінеаризації загальної функції перетворення, забезпеченням високої часової стабільності та малих змін їх показів у широкому діапазоні зміни температури довкілля. Спеціальні вимоги випливають з особливостей використання первинних вимірювальних перетворювачів: необхідність компенсації впливу зміни температури вільних кінців термоелектричних перетворювачів, суттєве зменшення похибок від перегріву терморезистивних перетворювачів вимірювальним струмом, забезпечення інваріантності результату вимірювання до значення вимірювального струму, а також опорів з'єднувальних ліній. Для врахування вказаних особливостей ЦВТ виконуються з автоматичною корекцією адитивної складової похибки в цифровій частині приладу ата цифровою лінеаризацією загальної функції перетворення. Значного послаблення завад досягають використанням методу АЦП з ваговим двотактним інтегруванням та гальванічним розділенням аналогової та цифрової частини приладів.

В сучасних промислових вимірювальних системах все частіше використовують сенсори температури з цифровим виходом. Ці "інтелектуальні" сенсори самостійно оцифровують вимірювальний параметр, в даному випадку - температуру, і передають інформацію в цифровому коді по стандартному інтерфейсу.

Цифрові температурні сенсори дозволяють уникнути багатьох проблем, пов'язаних з передачею аналогового сигналу від напівпровідникового сенсора до входу АЦП або компаратора. Ці проблеми пов'язані з тим, що вихід термосенсора, як правило, малопотужний і лінія передачі аналогового сигналу сильно піддається впливу електромагнітних полів і завад, що може суттєво спотворити результати вимірювань. Крім того, у випадку, коли сенсор

віддалений, доводиться враховувати і падіння напруги на ній, що ще більше ускладнює обробку результатів вимірювань. Таким чином, при наявності достатньо лінійного і точного елемента перетворення, виробники не можуть гарантувати точність краще 1,5... 2,0 °С.

У випадку же цифрового термосенсора процес перетворення аналогового сигналу в код здійснюється прямо на кристалі, і в подальшому дані на приймач інформації поступають уже в цифровому виді.

Ці перетворювачі виготовляються такими провідними світовими виробниками як Analog Devices, Dallas Semiconductor, Motorola, та інші. Вихідним сигналом таких перетворювачів є напруга, яка лінійно залежить від вимірюваної температури, або імпульсний сигнал, інформативним параметром якого є частота або шпаруватість імпульсів.

Якщо є необхідність контролю температури віддалених об'єктів, то доцільно використовувати термоперетворювачі з імпульсним вихідним сигналом. Це зумовлено наступними причинами:

- аналоговий вихідний сигнал термоперетворювача для передачі на великі відстані необхідно перетворювати в цифровий код, тому як цифровий сигнал має набагато більшу завадостійкість, ніж аналоговий;
- цифровий сигнал зручно перетворювати у сигнал інтерфейсу RS-232, RS-422 або RS-485, які призначені для передачі даних на великі відстані;
- інтегральні напівпровідникові термоперетворювачі як правило виконуються у невеликих за розмірами корпусах і легко встановлюються на об'єкті;
- інтегральні напівпровідникові термоперетворювачі мають мале енергоспоживання, що дозволяє використовувати їх локальне акумуляторне живлення. [13]

В ЦВТ з термоелектричними перетворювачами рисунок 1.2 використовуються аналогова схема компенсації впливу зміни температури вільних кінців, а корекція адитивної похибки здійснюється за методом комутаційного інвертування.

Аналогова частина ЦВТ містить перемикач полярності П, масштабний підсилювач МП, перетворювач напруги в інтервал часу ПНЧ, блок опорної напруги E_0 та блок керування аналоговою частиною БКА. Ця частина екранована та гальванічно розділена з його цифровою частиною за допомогою блока гальванічного розділення БГР. Цифрова частина складається з блоку керування БК, боку корекції адитивної похибки БКА, блоку цифрової лінеаризації БЦЛ та блоку відображення інформації БВІ. [8]

Оскільки скореговане за методом комутаційного інвертування значення адитивної похибки є нехтовно малим (менше $\pm 0,5$ мкВ і не перевищує половини одиниці молодшого розряду), то стабільність таких ЦВТ визначається тільки стабільністю їх масштабних елементів. Для сучасної елементної бази нормований час безперервної роботи приладів без підстроювання становить 5000 год (1 календарний рік) у важких промислових умовах.

ЦВТ з терморезистивними перетворювачами відрізняються тільки наявністю деяких блоків в аналоговій частині рисунок 1.3. В аналоговій частині є такі блоки: перетворювач напруга-струм ПНС, перетворювач струм-напруга

ПСН, суматор СМ, масштабний резистор

Терморезистивні перетворювачі можуть під'єднуватись до ЦВТ як чотирипровідною лінією до струмових С1, С2 та потенціальних П1, П2 входів (ключ S - в положенні 1), так і трипровідною (ключ S – в положенні 2).

Корекція адитивної похибки здійснюється за методом модуляції вимірювального струму, значення яких встановлюється перетворювачем напруга-струм ПНС.

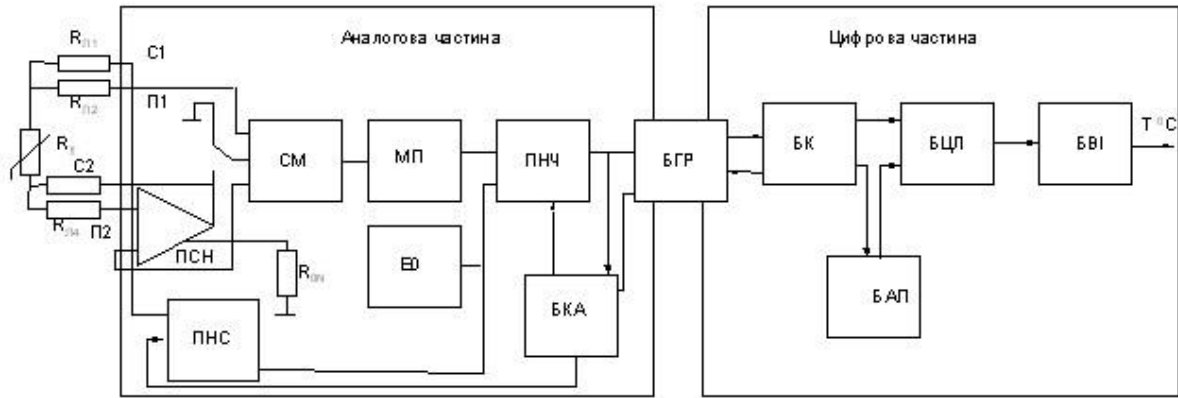


Рисунок 1.11 – Структурна схема ЦВТ з терморезистивними перетворювачами

Дія манометричних термометрів заснована на використанні залежності тиску речовини при постійному об'ємі від температури. Замкнута вимірювальна система манометричного термометра складається з чутливого елемента, що сприймає температуру вимірюваного середовища - металевого термобаллона, робочого елемента манометра, що вимірює тиск в системі, довгого з'єднувального металевого капіляра рисунок 1.4.

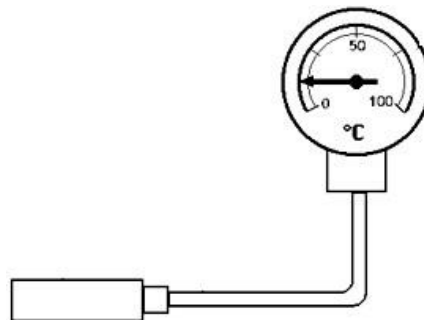


Рисунок 1.12 - Манометричний термометр

При зміні температури вимірюваного середовища тиск в системі змінюється, внаслідок чого чутливий елемент переміщує стрілку або перо за шкалою манометра, отградує в градусах температури. Манометричні

термометри часто використовують в системах автоматичного регулювання температури, як бесшкальні пристрої інформації (датчики).

Манометричні термометри підрозділяють на три основні різновиди:

- рідинні, в яких вся вимірювальна система (термобаллон, манометр і сполучний капіляр) заповнені рідиною;
- конденсаційні, в яких термобаллон заповнений частково рідиною з низькою температурою кипіння і частково - її насиченими парами, а з'єднувальний капіляр і манометр - насиченими парами рідини або, частіше, спеціальною передавальною рідиною;
- газові, в яких вся вимірювальна система заповнена інертним газом.

Перевагами манометричних термометрів є порівняльна простота конструкції і застосування, можливість дистанційного вимірювання температури і можливість автоматичного запису показів. До недоліків манометричних термометрів відносяться: відносно невисоку точність вимірювання (клас точності 1,6; 2,5; 4,0 і рідше 1,0); невелику відстань дистанційної передачі показів (не більше 60 метрів) і складність ремонту при розгерметизації вимірювальної системи.

Перевірка показів манометричних термометрів проводиться тими ж методами і засобами, що і скляних рідинних. [2]

1.4 Регулювання температури системи гарячого водопостачання

На сучасному етапі розвитку науки і техніки мікропроцесорних системах гарячого водопостачання існує проблема по вимірюванню температури, з зниженням споживаної потужності самих приладів, підвищення/зниження температури опалення відповідно з температурою навколишнього середовища, що приведе до зменшення витрат на опалення і водопостачання, що в свою чергу приведе до зниження собівартості опалення і гарячого водопостачання. Також в наш час потрібні прилади які можуть здійснювати передачу ІВМ-сумісної ЕОМ інформації про значення

контрольованих температур, заданих настройок, коефіцієнтів регулювання, і приймають від неї дані на зміну цих параметрів.

Основним недоліком багатьох існуючих систем вимірювання та регулювання температури є застаріла елементна база. Електронні схеми реалізовані на елементах жорсткої логіки. Це призводить до ряду недоліків: велика маса та габарити систем, низька надійність. Тому доцільною є розробка системи, яка виконувала б аналогічні функції, але була б реалізована на основі мікропроцесорної техніки.

Конструктивні особливості приладу наступні:

- прилад, використовується у системах опалення і гарячого водопостачання
- рисунк 4;
- прилад здійснює передачу IBM-сумісної EOM інформації про значення контрольованих температур, заданих уставках і коефіцієнтах регулювання, і приймає від неї дані на зміну цих параметрів.

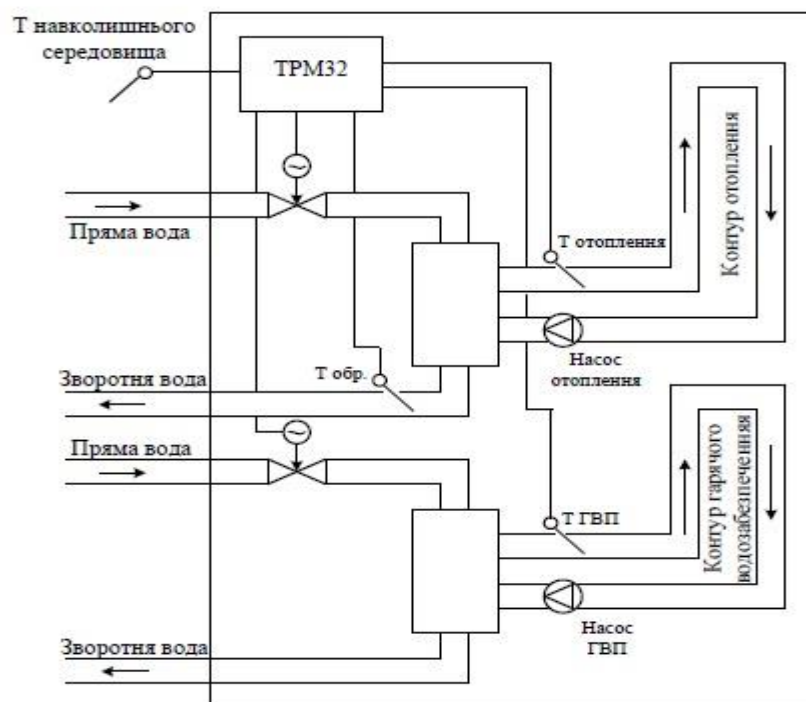


Рисунок 1.13 – Схема регулювання температури у системах опалення і гарячого водопостачання

При роботі система вимірює температуру зовнішнього повітря $T_{зовн}$, температуру води в контурах опалення T і гарячого водопостачання. А також температуру зворотної води яка повертається в теплоцентраль. За результатами вимірювань прилад керує роботою двох забірно-регулюючих клапанів, один із яких служить для підтримки заданого значення температури в контурі опалення, а інший - у контурі гарячого водопостачання. Задане значення температури в контурі опалення T обчислюється приладом за графіком $T = f(T_{зовн})$, параметри якого закладаються користувачем при програмуванні TRM32

ВИСНОВОК

В даному розділі проаналізовано методи та засоби вимірювання температури та розглянуто перетворювачі температури. Згідно цього аналізу було обрано метод на базі якого буде представлено два варіанти структурних схем, які задовольняють вимогам технічного завдання і на основі яких буде розроблено новий засіб для контролю температури, який буде більш точним, надійним та дешевшим.

2 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

В другому розділі даного дипломного проекту буде розроблена структурна схема мікропроцесорної системи гарячого водопостачання. Буде наведено два варіанти структурних схем, порівнявши які, за певними критеріями та охарактеризувавши їх, оберемо оптимальну структурну схему, на основі якої буде розроблена схема мікропроцесорної системи гарячого водопостачання.

Електричні структурні схеми мікропроцесорної системи гарячого водопостачання наведені на рисунку 2.1 та рисунку 2.2.

Розглянемо першу структурну схему, яка наведена на рисунку 2.1.

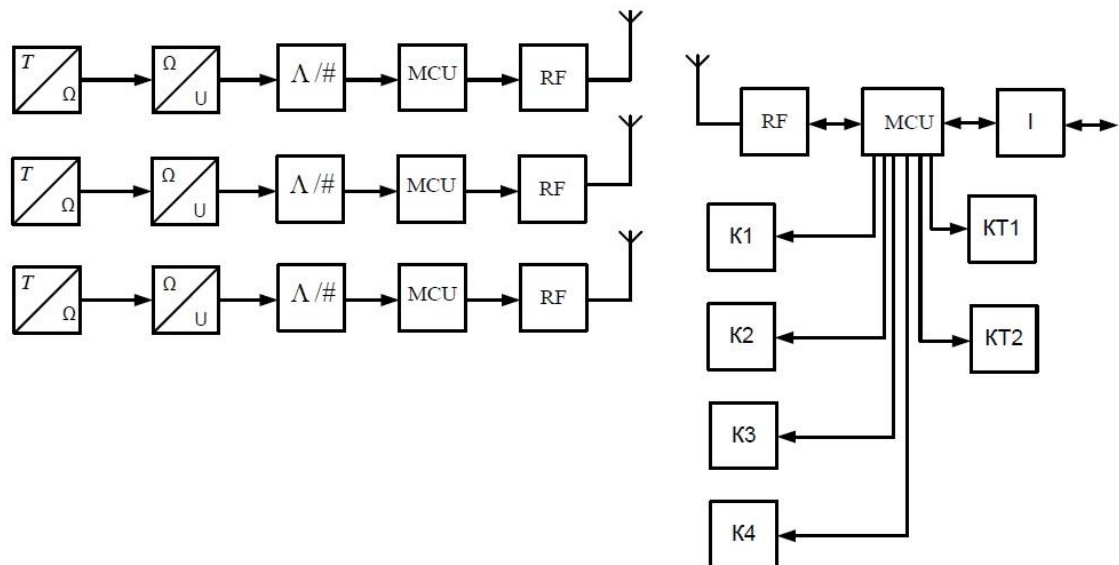


Рисунок 2.1 - Перший варіант реалізації структурної схеми мікропроцесорної системи гарячого водопостачання

Позначення на схемі на рисунку 2.1:

- T/Ω - первинний перетворювач температури в опір;
- Ω/U - вторинний перетворювач опору в напругу;
- $\wedge/\#$ - аналого- цифровий перетворювач;
- RF – трансивер;
- К – ключ;
- КТ – котел;

- MCU – мікроконтролер;
- І – інтерфейсна частина .

Принцип роботи даної схеми полягає в наступному: по трьох каналах за допомогою первинних вимірювальних перетворювачій здійснюється перетворення температури в опір, після чого сигнал поступає на вторинний перетворювач, який перетворює опір в напругу. За допомогою аналогово-цифрового перетворювача напруга перетворюється у цифровий код, який поступає на вхід мікроконтролера. Дані з мікроконтролера поступають на трансивер, який проводить обмін даними за допомогою радіо каналу. Дані від вимірювального каналу поступають до центральної частини інформаційно-вимірювальної системи, яка складається з трансивера, мікроконтролера та інтерфейсної частини. Кожний із вимірювальних каналів має свою адресу. Центральний мікроконтролер відповідно до програмного забезпечення послідовно опитує вимірювальні канали, після чого отримує від них результати вимірювання і керує чотирьома ключами та двома котлами. Дана система не є досить швидкодіючою, а також має високу собівартість, тому розглянемо інший варіант реалізації мікропроцесорної системи гарячого водопостачання (рисунок 2.2).

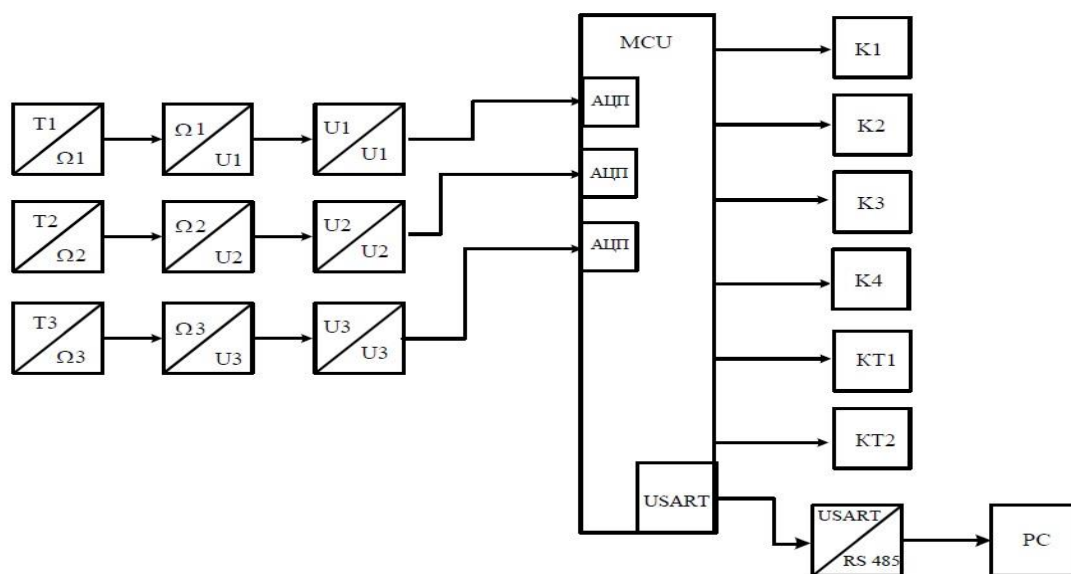


Рисунок 2.2 – Другий варіант реалізації структурної схеми мікропроцесорної системи гарячого водопостачання

Схематичні позначення, що відображенні на рисунку 2.2:

- T / Ω - первинний перетворювач температури в опір;
- Ω / U - вторинний перетворювач опору в напругу;
- U / U - масштабний перетворювач напруги;
- MCU - мікроконтролер;
- АЦП – аналого- цифровий перетворювач;
- К – ключ;
- КТ – котел;
- USART – послідовний порт;
- USART/ RS485 – перетворювач;
- PC – персональний комп'ютер.

Принцип дії другої структурної схеми, що розробляється полягає в наступному. Прилад вимірює температуру за допомогою первинних перетворювачів температури в опір. Далі опір поступає на вторинний перетворювач опору в напруги. З вторинного перетворювача напруга поступає на масштабний перетворювач напруги, який масштабує подану напругу. Вимірювана напруга перетворюється аналого-цифровим перетворювачем у цифровий код, що надходить на мікроконтролер. Мікроконтролер, працюючи по заданій програмі, керує станом виходів, обміном інформацією з інтерфейсу, подає напругу на ключі та котли. Для передачі даних на велику відстань в даній схемі використовуємо інтерфейс RS-485, який спеціально для цього призначений. Згідно специфікації цього інтерфейсу, він має негативну логіку, формат передачі даних – вісім або сім біт даних, один стартовий біт, два стопових біта, біт парності. Сигнали передаються у вигляді струму по двопровідній витій парі з екраном, відстань передачі даних – до 1000 метрів, що цілком нам підходить. Керування мікроконтролером здійснюється ПЕОМ у відповідності з програмою роботи системи через послідовний порт з інтерфейсом RS-485.

При виборі оптимальної структурної схеми слід враховувати кількісні та якісні характеристики кожної з них, а саме швидкодію, надійність передачі даних, простоту реалізації, низьку собівартість, стабільність, точність.

Для того, щоб порівняти вище наведені структурні схеми занесемо основні параметри системи до таблиці та порівняємо їх (таблицю 2.1).

Таблиця 2.1 – Порівняння структурних схем

№	Параметр	Перший варіант ІВС	Другий варіант ІВС	Ідеальна ІВС
1	Швидкодія	0	1	1
2	Надійність передачі даних	0	1	1
3	Простота реалізації	0	1	1
4	Низька собівартість	0	1	1
5	Чутливість	1	0	1
6	Точність	0	1	1
7	ΣE	1	5	6

Обрахуємо узагальнений коефіцієнт якості за наступною формулою:

$$K = \frac{\Sigma E_1}{\Sigma IC} \quad (2.1)$$

Узагальнений критерій якості першої схеми:

$$K_1 = \frac{1}{6} = 0,17$$

Узагальнений критерій якості другої схеми:

$$K_2 = \frac{5}{6} = 0,8$$

ВИСНОВОК

Отже, з вищенаведеної таблиці порівняння бачимо, що критерій якості другої схеми більший, ніж для першої структурних схем. Тому можна зробити висновок, що для поставленої нами задачі найбільше підходить структурна схема, представлена на рисунку 2.2. Схема має оптимальну кількість комплектуючих деталей. Це в свою чергу призводить до того, що точність та надійність збільшується, а вартість знижується.

Використаємо другу схему для побудови електричної принципової схеми системи, що розробляється.

3 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

На основі обраної структурної схеми буде розроблена схема електрична принципова, дана схема наведена в додатках.

До складу системи входять наступні структурні елементи:

- мікроконтролер АТmega8;
- датчик температури ПТ;
- інтерфейс обміну даними RS-485;
- джерело живлення;
- персональний комп'ютер.

Мікроконтролер, призначений для обробки вимірювальної інформації, також він здійснює керування потоками інформації, забезпечення обміну даними між окремими частинами засобу та зовнішніми пристроями.

Інтерфейс RS-485 є важливим функціональним вузлом. Інтерфейсом називають сукупність правил, протоколів, апаратного та програмного забезпечення, призначених для обміну даними. З допомогою його інформація, що знімається мікроконтролером і передається на ПК.[16]

3.1 Вибір мікроконтролера

Мікроконтролер в ідповідає за керування вузлами структурної схеми, проведення математичних обчислень та збереження даних[8].

В даному дипломному проекті оберемо мікроконтролер АТmega8 має 23 порту введення / виводу, об'єднаних в 3 групи:

- Порт В (PB0 - PB7): Два виводи (PB6 і PB7) використовуються для підключення кварцового резонатора. Виводи PB2 - PB5 зарезервовані для схемного програмування. Таким чином, для загального застосування залишаються порти PB0 і PB1.
- Порт С (PC0 - PC6: 7 виводи): Порти PC0 - PC5 можна використовувати в якості аналогових входів. PC6 зазвичай використовується для скидання.

- Порт D (PD0 - PD7: 8 виводи): Ці порти можна використовувати для загального застосування.

Технічні характеристики:

- Пам'ять для програм становить 8 Кб з можливістю перезаписати 10000 раз;
- 512 байт флеш-пам'яті для зберігання змінних (100000 циклів перезапису) ;
- 1 Кб ОЗУ і 32 регістра загального призначення;
- Два 8-розрядних Таймера / Лічильника з роздільним прескалером, режим порівняння;
- 16-розрядний Таймер / Лічильник з роздільним прескалером, режим порівняння, режим захоплення;
- Таймер реального часу з незалежним генератором;
- 3 каналу ШІМ;
- 6 каналів 10-розрядного АЦП;
- Двопровідний послідовний інтерфейс;
- Програмований послідовний USART;
- Інтерфейс SPI з режимами Master / Slave
- Програмований сторожовий таймер з окремим незалежним генератором;
- Вбудований аналоговий компаратор;
- Скидання при включенні живлення, програмована захист від провалів харчування;
- Вбудований калібрований RC-генератор;
- Обробка внутрішніх і зовнішніх переривань;
- 5 режимів зі зниженим енергоспоживанням: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, і Standby;
- Напруга живлення 4.5 - 5.5В;
- Тактова частота 0-16 МГц.

Живлення мікроконтролера АТмега8 представлено в таблиці 4.1. На рисунку 3.1 зображено підключення мікроконтролера АТмега8.[4]

Таблиця 3.1 – Живлення мікроконтролера АТмега8.

№ вивода	Назва порта	Тип	Опис
7	VCC	вхід	Напруга живлення від +4,5 до +5,5 В
8,22	GND	вхід	Загальний (земля)
20	AVCC	вхід	Напруга живлення +5 В для модуля АЦП
21	AREf	вхід	Опорна напруга для АЦП

Схема підключення мікроконтролера АТмега8 представлено на рисунку 4.1

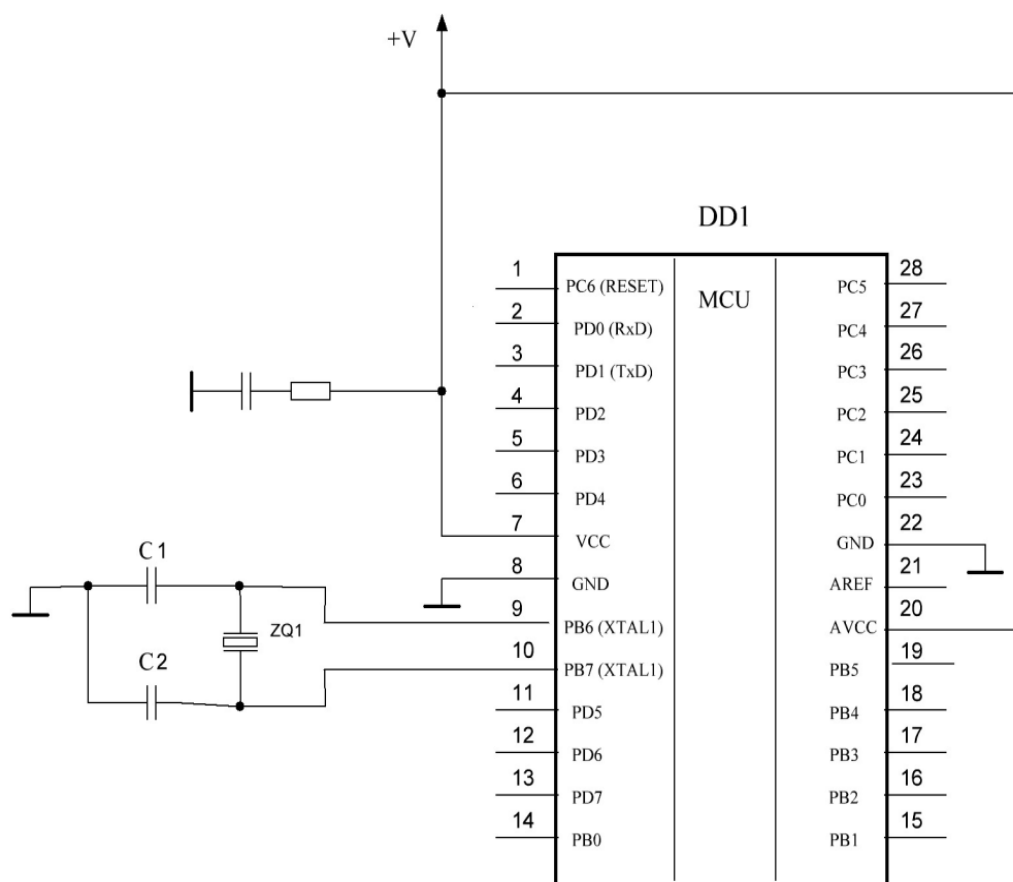


Рисунок 3.1 – Схема підключення мікроконтролера АТмега8

3.2 Вибір датчика температури

У якості первинного вимірювального перетворювача був використаний термометр опору рt100 – термоперетворювач ТСП – 1288 (рисунок 4.2). Принцип роботи термоперетворювачів опору заснований на залежності електричного опору металу від температури. Чутливий елемент термоперетворювача - котушка з тонкої мідної або платиного дроту на каркасі з ізоляційного матеріалу, укладена в захисну гільзу (арматуру).

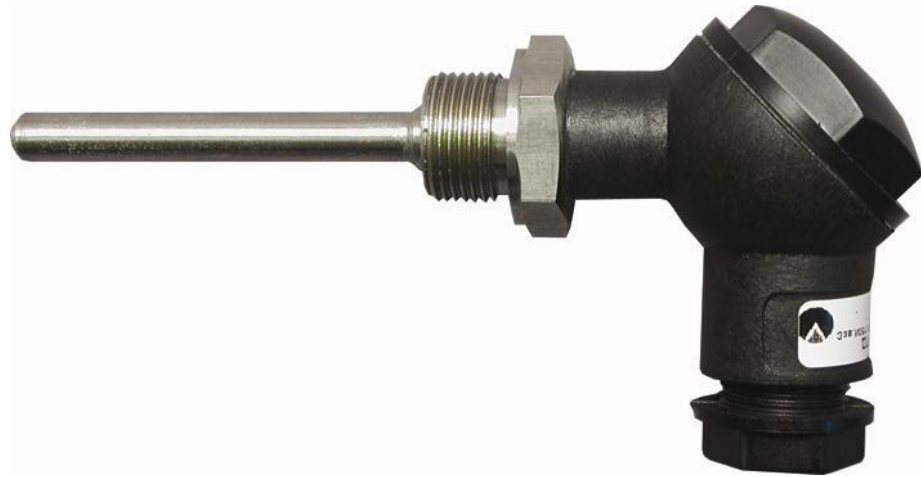


Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд термоперетворювача ТСП – 1288

Його характеристикою є зручність у використанні, а особливо швидкодія перетворення, яка найкраще підходить для використання у розробці цього пристрою. Основними параметрами датчика є:

- чутливий елемент виготовлений із платини;
- опір при 0°C дорівнює 100 Ом;
- абсолютна похибка датчика дорівнює $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$;
- розмір датчика: діаметр 4мм, довжина 30мм;
- поверхня із нержавіючої сталі;
- температурний коефіцієнт дорівнює $0,00428^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Потужність, споживана перетворювачем, не перевищує 0,25 Вт. Термін служби перетворювача - не менше 12 років.[6]

3.3 Вибір інтерфейсу

В даному дипломному проекті було обрано інтерфейс RS-485 який забезпечує обмін даними між кількома пристроями по одній двухпроводній лінії зв'язку в полудуплексном режимі. Широко використовується в промисловості при створенні АСУ ТП.

RS-485 забезпечує передачу даних зі швидкістю до 10 Мбіт/с. Максимальна дальність залежить від швидкості: при швидкості 10 Мбіт/с максимальна довжина лінії - 120 м, при швидкості 100 кбіт / с - 1200 м.

Мережа, побудована на інтерфейсі RS-485, являє собою приймачі, з'єднані за допомогою виті пари - двох скручених проводів. В основі інтерфейсу RS-485 лежить принцип диференціальної (балансної) передачі даних. Суть його полягає в передачі одного сигналу по двох проводах. Причому по одному дроту(умовно А) йде оригінальний сигнал, а по іншому(умовно В) - його інверсна копія. Іншими словами, якщо на одному дроті " 1 ", то на іншому " 0 " і навпаки. Таким чином, між двома проводами виті пари завжди є різниця потенціалів : при "1" вона позитивна, при "0" – негативна.

Саме цією різницею потенціалів і передається сигнал. Такий спосіб передачі забезпечує високу стійкість до синфазної завади. Синфазною називають перешкоду, що діє на обидва дроти лінії однаково. Наприклад, електромагнітна хвиля, проходячи через ділянку лінії зв'язку, наводить в обох проводах потенціал[10].

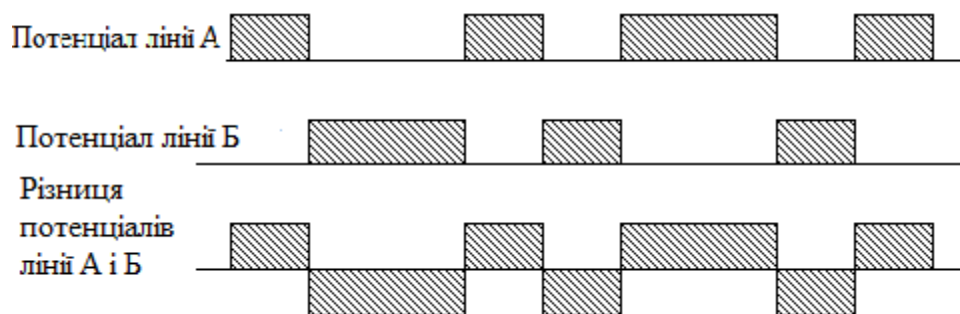


Рисунок 3.3 – Схема різниці потенціалів

Якщо сигнал передається потенціалом в одному дроті щодо загального, як в RS- 232, то наводка на цей провід може спотворити сигнал відносно добре поглинаючого наведення загального("землі"). Крім того, на опорі довгого загального дроту буде падати різниця потенціалів земель - додаткове джерело спотворень. А при диференціальній передачі спотворення не відбувається. Справді, якщо два дроти пролягають близько один до одного, та ще перевиті, то наводка на обидва дроти однакова. Потенціал в обох однаково навантажених проводах змінюється однаково, при цьому інформативна різниця потенціалів залишається без змін.[12]

Таблиця 3.2- Стандартні параметри інтерфейсів

Стандартні параметри інтерфейсів	RS - 422	RS - 485
Допустима кількість передавачів /приймачів	1/10	32/32
Максимальна довжина кабелю	1200 м	1200 м
Максимальна швидкість зв'язку	10 Мбіт/с	10 Мбіт/с
Діапазон напруги "1" передавача	+2...+10 В	+1,5...+6 В
Діапазон напруги "0" передавача	-2...-10 В	-1,5...-6 В
Діапазон синфазного напруги передавача	-3...+3 В	-1...-3 В
Допустимий діапазон напруги приймача	-7...+7 В	-7...+12 В
Пороговий діапазон чутливості приймача	+/- 200 мВ	+/- 200 мВ
Максимальний струм короткого замикання драйвера	150 мА	250 мА
Допустимий опір навантаження передавача	100 Ом	54 Ом
Вхідний опір приймача	4 кОм	12 кОм
Максимальний час наростання сигналу передавача	10% біта	30% біта

Термінальні резистори забезпечують узгодження "відкритого" кінця кабелю з рештою лінією, усуваючи відображення сигналу.

Номінальний опір резисторів відповідає хвильовому опору кабелю, і для кабелів на основі витієї пари зазвичай становить 100 - 120 Ом. Наприклад, широко поширений кабель UTP - 5, використовуваний для прокладки Ethernet, має імпеданс 100 Ом. Спеціальні кабелі для RS-485 марки Belden 9841... 9844 - 120 Ом. Для іншого типу кабелю може знадобитися другий номінал. Резистори можуть бути запаяні на контакти кабельних роз'ємів у кінцевих пристроїв.

3.4 Розробка схеми живлення

Для забезпечення високої стабільності та безперебійної роботи системи живлення елементів має бути стабільним. В даному дипломному проекті було обране живлення типу MC7805. [12]

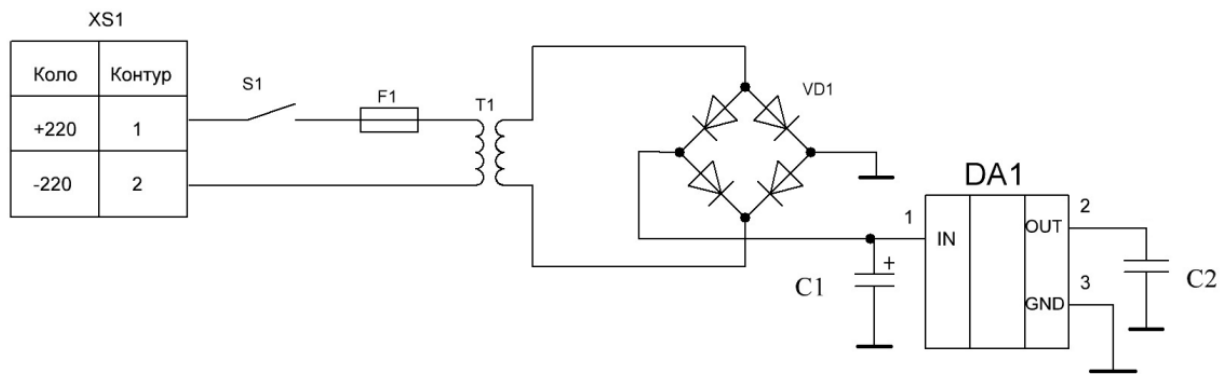


Рисунок 3.4 – Схема включення джерела живлення

Джерело опорної напруги AD780 має такі технічні характеристики:

- відхилення напруги від опорного значення: $\pm 0,02$ В;
- струм споживання 2 μ А;
- діапазон струму навантаження: від 0 до 10 mA;
- температурний коефіцієнт вихідної напруги: 10^{-5} / $^{\circ}$ С [5].

ВИСНОВОК

У четвертому розділі було розроблено електричну принципову схему мікропроцесорної системи гарячого водопостачання та проведено аналіз елементної бази.

4 РОЗРОБКА АЛГОРИТМІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Мікропроцесорна система гарячого водопостачання повинна виконувати наступні дії:

- вимірювати значення температури навколишнього середовища;
- вимірювати значення температури зворотної води контурів опалення і гарячого водопостачання;
- відкривати/закривати крани прямої та зворотної води контурів опалення та гарячого водопостачання в залежності від температури датчиків зворотної води;
- керувати котлами в залежності від температури датчиків зворотної води;
- в залежності від температури навколишнього середовища змінювати значення температури опалення;
- обробляти отримані результати;
- передавати дані на персональний комп'ютер.

Дана мікропроцесорна система працюватиме за наступним алгоритмом:

- з трьох вимірювальних каналів температура перетворюється в напругу, і поступає на операційний підсилювач, після підсилення напруга надходить на АЦП, який здійснює перетворення аналогового сигналу в цифровий код;
- після перетворення аналогової величини в цифровий код дані подаються на мікроконтролер, який здійснює керування потоками інформації, забезпечення обміну даними між окремими частинами мікропроцесорної системи;
- за допомогою інтерфейсу обміну даних інформація передається до персонального комп'ютера.

Температура води гарячого водопостачання буде в діапазоні від +50 °С до +70 °С.

Температура води опалення, буде залежати від температури навколишнього середовища і котли будуть нагрівати воду, лише до максимального значення в заданому таблицєю діапазоні (таблиця 5.1). [19]

Таблиця 4.1 – Залежність температури опалення від температури навколишнього середовища

Температура води опалення, °С	Температура навколишнього середовища °С
$+40 \leq T < +60$	$+3 < T \leq +8$
$+45 \leq T < +60$	$-2 < T \leq +3$
$+50 \leq T < +60$	$-7 < T \leq -2$
$+55 \leq T < +75$	$-12 < T \leq -7$
$+60 \leq T < +75$	$-17 < T \leq -12$
$+65 \leq T < +75$	$-22 < T \leq -17$
$+70 \leq T < +90$	$-27 < T \leq -2$
$+75 \leq T < +90$	$-27 < T \leq -32$
$+80 \leq T < +90$	$T \leq -32$

На рисунку 4.1 зображена блок-схема алгоритму роботи мікроконтролера для гарячого водопостачання.

Алгоритм роботи мікроконтролера гарячого водопостачання для всіх портів, крім портів PC0, PC1, PB0, PB1, PD2 працює наступним чином: мікроконтролер подачею сигналу на відповідні порти закриває ключі. Обнуливши данні пам'яті зчитує дані, які надходять з термоперетворювача і заносить їх до своєї пам'яті. Якщо температура $T > 50$ °С, закінчує роботу, якщо $T < 50$ °С, подає сигнал на відповідний порт для нагріву води і припиняє подачу сигналу на порти, які відповідають ключам, ключі відкриваються. Далі нагрівається вода до 70 °С, як тільки вода нагрілася, припиняється нагрів води, припинянням подачі сигналу на відповідний порт і подається сигнал на ключі, які закриваються. При завершенні роботи мікроконтролер передає результат на комп'ютер.



Рисунок 4.1 – Блок-схема алгоритму роботи мікроконтролера гарячого водопостачання

Алгоритм роботи мікроконтролера опалення для всіх портів, крім портів PC2, PB2, PB4, PD3 працює наступним чином: мікроконтролер подачею сигналу на відповідні порти закриває ключі. Обнуливши данні пам'яті зчитує дані, які надходять з термоперетворювачів і заносить їх до своєї пам'яті. Далі із значенням температури навколишнього середовища вибирає діапазон, відповідно таблиці 4.1. Якщо температура більша за нижній піддіапазон таблиця, мікроконтролер закінчує роботу, якщо температура менша, подає сигнал на відповідний порт для нагріву води і припиняє подачу сигналу на порти, які відповідають ключам, ключі відкриваються. Далі нагрівається вода

верхнього вибраного піддіапазону, як тільки вода нагрілася, припиняється нагрів води, припинянням подачі сигналу на відповідний порт і подається сигнал на ключі, які закриваються. При завершенні роботи мікроконтролер передає результат на комп'ютер (рисунок 4.2)

Мікропроцесорна система гарячого водопостачання передає результати вимірювань до ПЕОМ, що значно полегшує керування технологічним процесом та зберігання вимірювальної інформації. Персональний комп'ютер працює за наступним алгоритмом:

- комп'ютер ініціалізує порт, до якого підключений вимірювальний блок інформаційно-вимірювальної системи

- після коректної передачі даних комп'ютер обробляє вимірювальну інформацію і відображає результат вимірювання на дисплеї;

- після цього комп'ютер подає запит до користувача про наступні дії;

- вимірювання, передача та обробка даних продовжується до тих пір, поки користувачем не буде обрано команду про закінчення роботи[14].

Відповідно до описаного вище алгоритму на рисунку 4.3 наведено блок-схема.

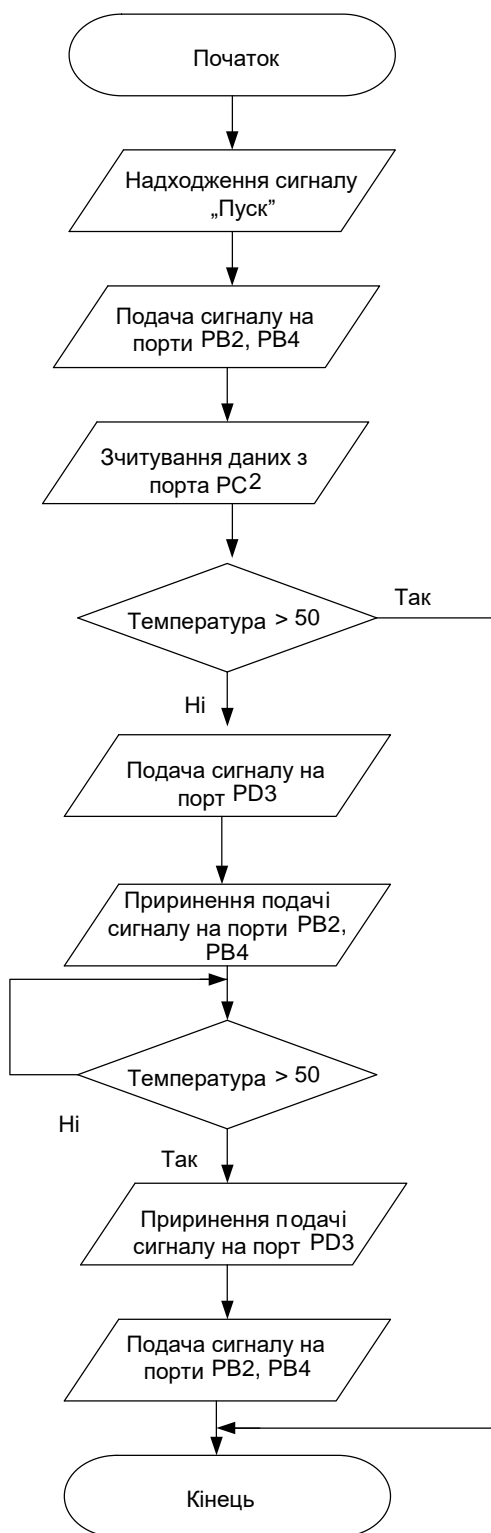


Рисунок 4.2 – Блок-схема алгоритму роботи мікроконтролера опалення



Рисунок 4.3 – Блок-схема алгоритму роботи персонального комп'ютера

Так як програма здійснює контроль температури, то вихідні дані температури порівнюються з технічною нормою температури мікропроцесорної системи гарячого водопостачання. В розділі було розроблено алгоритми та блок-схеми роботи мікроконтролера та ПЕОМ, до якої підключений вимірювальний блок мікропроцесорної системи гарячого водопостачання. Програмне забезпечення мікроконтролера наведено в додатках дипломного проекту.

5 МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Рівняння перетворення визначається принципом пристрою перетворювача або приладу і способом його включення. У аналогових приладах, безпосередньої оцінки вихідною величиною є кут повороту стрілки. Рівняння перетворення повністю характеризує призначення перетворювача, його чутливість і діапазон виміру, а також вплив зовнішніх впливів. Це рівняння може бути лінійним і нелінійним. Однак при поєднанні декількох перетворювачів, наприклад у вимірювальному приладі, окремі перетворювачі можуть бути взяті з нелінійними рівняннями перетворення, щоб отримати лінійну залежність між вимірюваною і вихідній величинами приладу.

Рівняння перетворення пов'язує вхідну і вихідну величини з конструктивними параметрами засобів вимірювань, що дозволяє встановити можливі відхилення (похибки) реального рівняння перетворення від градуовальної характеристики, викликані зміною конструктивних параметрів.

Статична характеристика - залежність сталих значень вихідної величини від значення величини на вході системи.

Сталий режим - це режим, при якому розбіжність(розходження) між дійсним значенням регульованої величини і її заданим значенням буде постійним в часі. [21]

Вхідна температура спочатку поступає на первинний перетворювач температури в опір ТСП – 1288. Його рівняння перетворення виглядає наступним чином:

$$R_t = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t), \quad (5.1)$$

де, R_0 - опір термоперетворювача при $0 \text{ }^\circ\text{C}$, рівний 100 Ом;

α - температурний коефіцієнт, який рівний $0,00428 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$;

t - вхідна температура.

З термоперетворювача опір поступає на перетворювач опору в напругу. Для виведення рівняння перетворення цього блоку скористаємося

незрівноваженим мостом постійного струму при живленні від 2-х генераторів струму (рисунок 6.1).

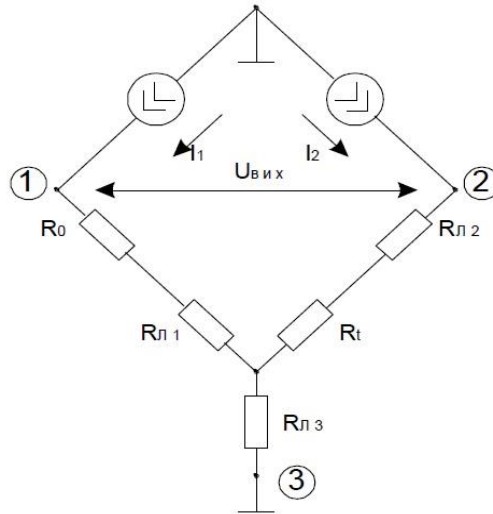


Рисунок 5.1 – Незрівноважений міст постійного струму при живленні від двох генераторів струму

В даній схемі струми $I_1 = I_2 = I = 58 \text{ mA}$.

За вихідну напругу $U_{\text{вих}}$ приймаємо:

$$U_{\text{вих}} = U_2 - U_1 \quad (5.2)$$

де, U_1 - напруга в точці 1.

U_2 - напруга точці 2.

$$U_2 = I (R_{\text{л}2} + R_t + R_{\text{л}3}) \quad (5.3)$$

$$U_1 = I (R_{\text{л}1} + R_0 + R_{\text{л}3}) \quad (5.4)$$

Приймемо :

$$R_{\text{л}1} = R_{\text{л}2} = R_3 = R \quad (5.5)$$

Підставивши формулу (5.1) в (5.5) отримаємо:

$$U_2 = I (2R + R_0(1 + \alpha t)) \quad (5.6)$$

$$U_1 = I (2R + R_0) \quad (5.7)$$

$$U_{\text{вих}} = I \cdot R_0 \cdot \alpha \cdot t \quad (5.8)$$

З виразу (5.8) слідує що, напруга між точками 2 і 1 вихідної діагоналі моста лінійно залежить від температури t термометру опору.

Далі напруга поступає на операційний підсилювач, який підсилює температуру в 2 рази, тобто $K=2$, тому що на вхід мікроконтролера можна подати напругу до 5 В, підставивши значення в рівняння 5.8 матимемо максимальну вихідну напругу 2,5 В, для покращення метрологічних характеристик був додатково поставлений операційний підсилювач.

З виходу операційного підсилювача напруга поступає на мікроконтролер, який має рівняння перетворення:

$$N = \frac{U}{U_0} \cdot 2^n \quad (6.9)$$

де, U - напруга, яка поступає на мікроконтролер;

U_0 - номінальна напруга мікроконтролера, рівна 5 В

n – розрядність мікроконтролера, так як ми обрали Atmega8,
 $n=8$

Підставивши формулу (5.8) в (5.9) і врахувавши коефіцієнт операційного підсилювача отримаємо рівняння перетворення вимірювального каналу:

$$N = \frac{I \cdot R_0 \cdot \alpha \cdot t}{U_0} \cdot K \cdot 2^n \quad (5.10)$$

де, $I=58$ mA;

$R_0=100$ Ом;

$\alpha=0,00428$ °C⁻¹;

$n=8$;

$K=2$;

$U_0= 5$ В.

Вхідна температура t знаходиться в межах 0°C до 100 °C.

Отримане рівняння є загальним рівнянням перетворення мікропроцесорної системи гарячого водопостачання.

Графічне представлення рівняння перетворення зображено на рисунку 6.2.

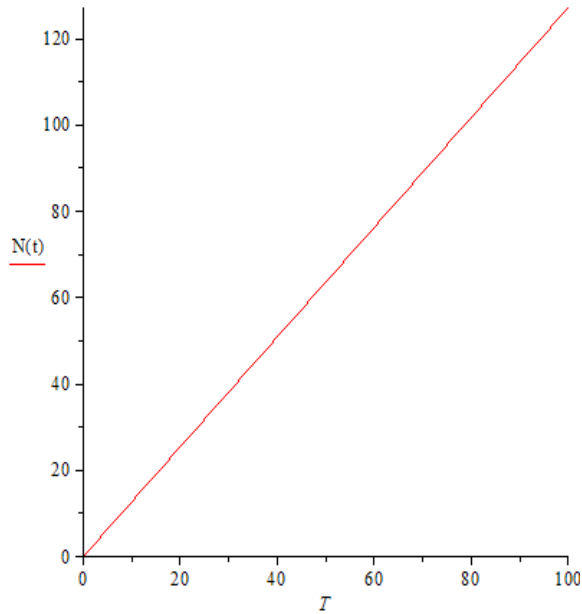


Рисунок 6.2 – Графічне представлення рівняння перетворення мікропроцесорної системи гарячого водопостачання

Із отриманого рівняння перетворення можна вивести похибку квантування, що матиме вигляд:

$$\delta_{\text{кв}} \frac{1}{N_1} 100\% \quad (5.11)$$

Графічне подання похибки квантування мікропроцесорного приладу для вимірювання рівня рідини зображене на рисунку 6.3.

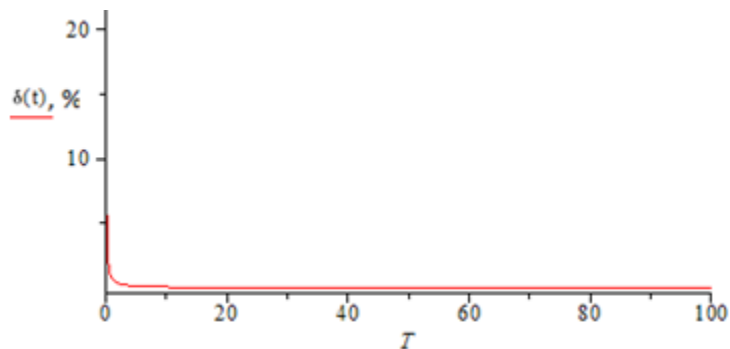


Рисунок 6.3 – Графічне представлення похибки квантування мікропроцесорної системи гарячого водопостачання

Розрахуємо похибку квантування АЦП за такою формулою:

$$q = \frac{U_m}{2^n - 1}, \quad (5.12)$$

де n - розрядність АЦП $n=8$;

U_m - напруга АЦП; $U_m = 5$ (В),

Підставивши значення, отримаємо:

$$q = \frac{5}{2^8 - 1} = 0,0196 \text{ В}$$

Розрахунок СКВ похибки квантування за такою формулою

$$\sigma = \frac{q}{\sqrt{3}}, \quad (5.13)$$

Отримаємо:

$$\sigma = \frac{0,0196}{\sqrt{3}} = 0,0115 \text{ В}$$

6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИН

6.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є створення мікропроцесорної системи гарячого водопостачання при якій знизиться собівартість теплової енергії.

Для проведення технологічного аудиту було залучено 3-х незалежних експертів Вінницького національного технічного університет, кафедри метрології та промислової автоматики: ст. викл. Дудатьєв І. А., к.т.н., доц. Маньковська В. С., ст. викл. Присяжнюк В. В. За допомогою таблиці 4.1 за п'ятибальною шкалою використовуючи 12 критеріїв оцінки комерційного потенціалу розробки експерти надали свої оцінки.

Таблиця 6.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів

Продовження табл. 6.1

5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкуренція немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років

1 2	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту
--------	---	--	---	--	---

Таблиця 6.2 – Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів СБ, розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0-10	Низький
11-20	Нижче середнього
21-30	Середній
31-40	Вище середнього
41-48	Високий

В таблиці 6.3 наведено результати оцінювання експертами комерційного потенціалу розробки.

Таблиця 6.3 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Дудатьєв І.А.	Маньковська В. С.	Присяжнюк В. В.
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	2	1
2	3	2	3
3	1	2	1
4	4	5	5
5	1	1	1
6	4	5	4
7	0	0	0
8	5	5	5

9	4	5	4
10	5	4	5
11	5	5	5
12	1	2	1
Сума балів	СБ ₁ =35	СБ ₂ =38	СБ ₃ =35
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_1^3 СБ_i}{3} = \frac{35 + 38 + 35}{3} = 36$		

Середньоарифметична сума балів, розрахована на основі висновків експертів склала 36, що згідно таблиці 6.2 вважається, що рівень комерційного потенціалу розробки є вище середнього.

Потенційними споживачами нової мікропроцесорної системи гарячого водопостачання будуть будь-які підприємства, наприклад, тепличні господарства, ферми, промислові заводи, а також не комерційні установи.

Проведемо порівняння нової розробки з аналогами, які існують на ринку. В якості аналога для розробки було обрано 6-ти каналну систему гарячого водопостачання. Основними недоліками аналога є застаріла елементна база. Електронні схеми реалізовані на елементах жорсткої логіки. Це призводить до ряду недоліків: велика маса та габарити систем, низька надійність. Також до недоліків можна віднести застарілий мікроконтролер.

У розробці дана проблема вирішується реалізацією системи на основі мікропроцесорної техніки. Також система випереджає аналог за такими параметрами як простіша конструкція, більша надійність та забезпечує дистанційне регулювання, потрібної температури в приміщенні.

В таблиці 6.4 наведені основні техніко-економічні показники аналога і нової розробки.

Таблиця 6.4 – Основні технічні показники аналога і нової розробки

Показники	Аналог	Нова розробка	Відношення параметрів нової розробки до параметрів аналога
Діапазон вимірювання температури	0...+200°C	-50...+100°C	0,5
Похибка вимірювання	0,5	0,1	0,2
Число каналів	6	3	0,5
Споживна потужність	12ВТ	9ВТ	0,75
Зв'язок з ПК	RS-232	RS-485	-

Дані що були занесені в таблицю 4.4 говорять про те що нова розробка більш простіша у реалізації та більш надійна, має значно більшу точність вимірювання, дешевша в порівнянні із аналогом. Нова розробка буде основана на більш сучасній мікропроцесорній техніці у порівнянні із аналогом, що надає їй деякий рівень інтелектуальності в управлінні процесом стабілізації температури і буде виконувати всі основні функції, що необхідні для автоматизації цього процесу.

Проведемо оцінку якості продукції, яка є найефективнішим засобом забезпечення вимог споживачів та порівняємо її з аналогом.

Визначимо відносні одиничні показники якості по кожному параметру за формулами (6.1) та (6.2) і занесемо їх у відповідну колонку табл. 6.5.

$$q_i = \frac{P_{Hi}}{P_{Bi}} \quad (6.1)$$

або

$$q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Hi}} \quad (6.2)$$

де P_{Hi} , P_{Bi} – числові значення i -го параметру відповідно нового і базового виробів.

Таблиця 6.5 – Основні параметри нової розробки та товару-конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий (товар-конкурент)	Новий (інноваційне рішення)		
1	2	3	4	5
Діапазон вимірювання температури, С	0...+200	-50...+100	2	35%
Похибка вимірювання	0,5	0,1	5	15%
Число каналів	6	3	2	30%
Споживна потужність, ВТ	12	9	1,33	20%

$$q_1 = \frac{200}{100} = 2;$$

$$q_2 = \frac{0,5}{0,1} = 5;$$

$$q_3 = \frac{6}{3} = 2;$$

$$q_4 = \frac{12}{9} = 1,33.$$

Відносний рівень якості нової розробки визначаємо за формулою:

$$K_{я.в.} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (6.3)$$

$$K_{я.в.} = 2 \cdot 0,35 + 5 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,3 + 1,33 \cdot 0,2 = 2,31$$

Відносний коефіцієнт показника якості нової розробки більший одиниці, отже нова розробка якісніший базового товару-конкурента.

Наступним кроком є визначення конкурентоспроможності товару. Конкурентоспроможність товару є головною умовою конкурентоспроможності підприємства на ринку і важливою основою прибутковості його діяльності.

Однією із умов вибору товару споживачем є збіг основних ринкових характеристик виробу з умовними характеристиками конкретної потреби покупця. Такими характеристиками найчастіше вважають нормативні та технічні параметри, а також ціну придбання та вартість споживання товару.

Приблизна ціна нового товару складе 3000 грн. Занесемо ці та інші показники (взяті з попередніх розрахунків) до табл. 6.6.

Таблиця 6.6 – Нормативні, технічні та економічні параметри інноваційного рішення і товару-виробника

Показники	Варіанти	
	Базовий (товар- конкурент)	Новий (інноваційне рішення)
1	2	3
1. Нормативно-технічні показники		
Діапазон вимірювання температури, С	0...+200	-50...+100
Похибка вимірювання	0,5	0,1
Число каналів	6	3
Споживна потужність, ВТ	12	9
2. Економічні показники		
Ціна придбання, грн	4500	3000

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення (К) з урахуванням вищезазначених груп показників можна визначити за формулою:

$$K = \frac{I_{m.n.}}{I_{e.n.}}, \quad (6.4)$$

де $I_{m.n.}$ – індекс технічних параметрів; $I_{e.n.}$ – індекс економічних параметрів.

Індекс технічних параметрів є відносним рівнем якості інноваційного рішення. Індекс економічних параметрів визначається за формулою (6.5)

$$I_{e.n.} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Hei}}{\sum_{i=1}^n P_{Bei}}, \quad (6.5)$$

де P_{Hei} , P_{Bei} – економічні параметри (ціна придбання та споживання товару) відповідно нового та базового товарів.

$$I_{e.n.} = \frac{3000}{4500} = 0,67;$$

$$K = \frac{2,31}{0,67} = 3,45.$$

Зважаючи на розрахунки, можна зробити висновок, що нова розробка буде конкурентоспроможніше, ніж конкурентний товар на.

6.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи

1. Основна заробітна плата – винагорода за виконану роботу відповідно до встановлених норм праці. Вона встановлюється у вигляді тарифних ставок (окладів) і відрядних розцінок для робітників та посадових окладів для службовців. Стаття «Основна заробітна плата робітників» містить витрати на виплату основної заробітної плати робітникам, зайнятим виробництвом продукції.

Основна заробітна плата кожного із розробників (дослідників) Z розраховується за формулою:

$$Z = \frac{M}{T_p} \cdot t, [\text{грн.}] \quad (6.6)$$

де M – місячний посадовий оклад конкретного розробника.

T_p – число робочих днів, $T_p = 22$;

t – число днів роботи розробника.

Розрахунки основної заробітної плати зведемо в таблицю 6.7:

Таблиця 6.7 – Розрахунок основної заробітної плати розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
Керівник	11000	500.0	5	2500
Інженер	6500	295.5	45	13295
Лаборант	5000	227.3	20	4545
Всього				20341

2. Основна заробітна плата робітників Z_p розраховується за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n t_i \cdot C_i, \quad (6.7)$$

де n – число робіт по видах та розрядах;

t_i – норма часу на виконання конкретної операції, годин;

C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує певну роботу, грн./год.:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i}{T_p \cdot T_{zm}}, \quad (6.8)$$

де M_m – мінімальна місячна оплата праці, грн.;

K_i – тарифний коефіцієнт робітника даного розряду;

T_p – число робочих днів в місяці ($T_p = 21 \dots 23$ дні);

T_{zm} – тривалість зміни, годин ($T_{zm} = 8$ годин).

Мінімальна місячна оплата праці робітника з 01.01.2019 року складає 4173,00 грн.

K_i – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду. Величина чинних тарифних коефіцієнтів робітників відповідних розрядів для бюджетної сфери наведена в таблиці 6.8:

Таблиця 6.8 – Тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду

Розряд	K_i
1	1,00
2	1,09
3	1,18
4	1,27

5	1,36
6	1,45
7	1,54
8	1,64

Інформацію про основну заробітну плату заносимо до таблиці 6.9

Таблиця 6.9 – Основна заробітна плата робітників

Найменування робіт	Трудовісткість, нормо-годин	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
1	2	3	4	5
1.Підготовчі	5	1	23.7	118.6
2.Монтажні	3	3	28.0	83.9
3.Складальні	5	5	32.2	161.2
4.Налагоджувальні	4	2	25.8	103.4
5.Випробувальні	10	4	30.1	301.1
Всього				768.2

3. До статті «Додаткова заробітна плата» відносяться витрати на виплату виробничому персоналу підприємства додаткової заробітної плати за працю понад установлені норми, заохочувальні виплати за поточну виробничу діяльність, компенсаційні виплати тощо. Звичайно, ці витрати встановлюються у відсотках до основної заробітної плати на підставі відповідних розрахунків на підприємстві:

$$Z_d = 11\% \cdot Z_z, \quad (6.9)$$

$$Z_d = 11\% \cdot (20341 + 768.2) = 2322 (\text{грн.}).$$

4. Витрати на соціальні заходи виникають внаслідок здійснення обов'язкової сплати єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування. Відрахування на соціальні заходи здійснюється від суми всіх витрат на оплату праці робітників, зайнятих безпосередньо виробництвом продукції:

$$B_{\text{сз}} = (3_{\Sigma} + 3_{\text{д}}) \cdot \frac{\beta}{100\%}, \quad (6.10)$$

де β – ставка єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування, %.

З 1.01.2016 року ставка єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування встановлена залежно від класу професійного ризику виробництва і для бюджетної сфери $\beta=22,0\%$.

$$B_{\text{сз}} = (20341 + 768.2 + 2322) \cdot \frac{22,0\%}{100\%} = 5154,8 (\text{грн.}) .$$

5. У спрощеному вигляді амортизаційні відрахування у загальному можуть бути розраховані за формулою:

$$A = \frac{Ц \cdot T}{T_{\text{кор}} \cdot 12} \quad [\text{грн}], \quad (6.11)$$

де $Ц$ – балансова вартість даного виду обладнання (приміщень), грн.;

$T_{\text{кор}}$ – час користування;

T – термін використання обладнання (приміщень), цілі місяці.

Згідно пункта 137.3.3 Податкового кодекса амортизація нараховується на основні засоби вартістю понад 2500 грн.

Всі проведені розрахунки амортизаційних відрахувань заносимо в табл. 6.10.

Таблиця 6.10 – Розрахунок амортизаційних відрахувань

Найменування обладнання, приміщень	Балансова вартість, грн.	$t_{\text{кор}}$ (р)	Термін використання міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
1.Комп'ютер	10000	3	2	555,56
4. Паяльник	2500	4	1	52,08
Всього				607,64

6. Норма витрат матеріалу – це плановий показник, який визначає максимально допустимі затрати відповідних ресурсів на виробництво одиниці продукції в умовах певного рівня техніки і організації виробництва.

Витрати а матеріали M , що були використані під час виконання даного етапу роботи, розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot \text{Ц}_i \cdot K_i - \sum_1^n B_i \cdot \text{Ц}_в \quad \text{грн.}, \quad (6.12)$$

де H_i – витрати матеріалу i -го найменування, кг;

Ц_i – вартість матеріалу i -го найменування, грн./кг.;

K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = (1,1 \dots 1,15)$;

B_i – маса відходів матеріалу i -го найменування, кг;

$\text{Ц}_в$ – ціна відходів матеріалу i -го найменування, грн/кг;

n – кількість видів матеріалів.

Інформацію про використані матеріали подамо у вигляді табл. 6.11.

Таблиця 6.11 – Матеріали, що використані на розробку

Найменування матеріалу	Ціна за одиницю, грн.	Витрачено	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Алюміній	180	0,88	158.4
9Припой ПОС-61	50	0,1	5
Флюс БС-2	15	0,1	1.5
Спиртобензин СВС-50	10	0,08	0.8
Дрітмонтажний	15	5	75
Всього			240.7
З врахуванням коефіцієнта транспортування			264.77

4. Витрати на комплектуючі вироби, які використовують при виготовленні одиниці продукції, розраховуються, згідно їх номенклатури, за формулою:

$$K = \sum_{i=1}^n H_i \cdot \text{Ц}_i \cdot K_i, \quad (6.13)$$

де H_i – кількість комплектуючих i -го виду, шт.;

C_i – покупна ціна комплектуючих i -го найменування, грн.;

K_i – коефіцієнт транспортних витрат (1,1...1,15);

Таблиця 6.12 – Комплектуючі, що використані на розробку

Найменування	Ціна, грн.	Витрачено, шт.	Вартість, грн.
Датчик температури ТМР	3	300	900
Діоди	20	0,50	10
Конденсатори	30	0,40	12
Резистори	50	0,45	22,5
Транзистори	1	4,50	4,5
Мікросхеми	3	5,00	15
Пластмаса(полістерол)	1	4,00	4
Всього (з врахуванням транспортних витрат)			1064,80

8. До статті «Паливо та енергія на технологічні цілі» відносяться витрати на всі види палива й енергії, що безпосередньо використовуються у процесі виробництва продукції. У даному випадку будемо враховувати лише витрати на електроенергію. Витрати на енергію визначаються на основі витрат на одиницю продукції та тарифів на енергію за допомогою залежності:

$$V_e = V \cdot P \cdot \Phi \cdot K_n, \quad (6.14)$$

де V – вартість 1 кВт енергії, грн. $V = 2,1$ грн/кВт*год;

P – установлена потужність обладнання, кВт. При паяні використовується паяльник потужність $P = 300$ Вт або $P = 0,3$ кВт;

Φ – фактична кількість годин роботи обладнання, год. $\Phi = 100$ год;

K_n – коефіцієнт використання потужності, $K_n = 0,65$.

$$V_e = 2,1 \cdot 0,3 \cdot 100 \cdot 0,65 = 40,95 \text{ (грн)}.$$

9. Інші витрати B_{in} охоплюють: витрати на управління організацією, оплата службових відряджень, витрати на утримання, ремонт та експлуатацію основних засобів, витрати на опалення, освітлення, водопостачання, охорону праці тощо.

Інші витрати B_{in} можна прийняти як (100...300)% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, які виконували дану МКНР, тобто:

$$B_{in} = (1..3) \cdot (3 + 3_p). \quad (6.15)$$

$$B_{in} = 1 \cdot (20341 + 768.2) = 21109 (\text{грн.})$$

Сума всіх попередніх статей витрат дає витрати, які безпосередньо стосуються даного розділу МКНР

$$B = 20341 + 768,2 + 2322 + 5154,8 + 607,64 + 264,77 + 1064,80 + 40,95 + 21109 = 51673,3 \text{ грн.}$$

Загальна вартість всієї МКНР визначається за формулою:

$$B_{заг} = \frac{B}{\alpha} \quad (6.16)$$

$$B_{заг} = \frac{51673,3}{0,8} = 64591,56 (\text{грн.})$$

Прогнозування загальних втрат ЗВ на виконання та впровадження результатів виконаної МКНР здійснюється за формулою:

$$ЗВ = \frac{B}{\beta}, \quad (6.17)$$

де β – коефіцієнт, який характеризує стадію виконання даної НДР.

Оскільки, робота знаходиться на стадії розробки дослідного зразка, то коефіцієнт $\beta = 0,9$.

Звідси:

$$ЗВ = \frac{64591,56}{0,9} = 71768 (\text{грн.}).$$

6.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

У даному підрозділі кількісно спрогнозуємо, яку вигоду, зиск можна отримати у майбутньому від впровадження результатів виконаної наукової роботи. Розрахуємо збільшення чистого прибутку підприємства $\Delta\Pi_i$, для кожного із років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки, за формулою

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta\Pi_o \cdot N + \Pi_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\nu}{100}\right) \quad (6.18)$$

де $\Delta\Pi_o$ – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році.

N – основний кількісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

ΔN – покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки:

Π_o – основний оціночний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки;

n – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки:

λ – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. Ставка податку на додану вартість дорівнює 20%, а коефіцієнт $\lambda = 0,8333$.

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту. $\rho = 0,25$;

ν – ставка податку на прибуток. У 2019 році – 18%.

Припустимо, що при впровадженні результатів наукової розробки покращується якість, що дозволяє підвищити ціну його реалізації на 400 грн. Кількість одиниць реалізованої продукції також збільшиться: протягом першого року на 80 шт., протягом другого року – на 100 шт., протягом третього

року на 120 шт. Реалізація продукції до впровадження розробки складала 50 шт., а її ціна 3000 грн. Розрахуємо прибуток, яке отримає підприємство протягом трьох років.

$$\Delta\Pi_1 = [400 \cdot 50 + (3000) \cdot 80] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) = 44414,9 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_2 = [400 \cdot 50 + (3000) \cdot (80 + 100)] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) = 112246 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_3 = [400 \cdot 50 + (3000) \cdot (80 + 100 + 120)] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) = 173744 \text{ (грн.)}$$

6.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Розрахуємо основні показники, які визначають доцільність фінансування наукової розробки певним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність вкладених інвестицій та термін їх окупності. Теперішню вартість інвестицій PV , що вкладаються в наукову розробку приймемо рівну загальним витратам $PV = ЗВ = 71768$ грн.

Розрахуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій $E_{абс}$ згідно наступної формули:

$$E_{абс} = (ПП - PV) \quad (6.19)$$

де $ПП$ – приведена вартість всіх чистих прибутків, що їх отримає підприємство від реалізації результатів наукової розробки, грн;

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^i}, \quad (6.20)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої НДЦКР, грн;

T – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої НДДКР, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні; для України цей показник знаходиться на рівні 0,2;

t – період часу (в роках).

$$ППП = \frac{44414,9}{(1+0,2)^1} + \frac{112246}{(1+0,2)^2} + \frac{173744}{(1+0,2)^3} = 215975,10(\text{грн.}).$$

$$E_{abc} = (215975,10 - 71768) = 144206,69(\text{грн.}).$$

Оскільки $E_{abc} > 0$ то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів НДДКР може бути доцільним.

Розрахуємо відносну (щорічну) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій E_e . Для цього користуються формулою:

$$E_e = T_{жс} \sqrt[3]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1, \quad (4.20)$$

$T_{жс}$ – життєвий цикл наукової розробки, роки.

$$E_e = \sqrt[3]{1 + \frac{144206,69}{71768}} - 1 = 0,44 = 44\%$$

Визначимо мінімальну ставку дисконтування, яка у загальному вигляді визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (6.21)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2018 році в Україні $d = (0,14 \dots 0,2)$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина $f = (0,05 \dots 0,1)$.

$$\tau_{\min} = 0,18 + 0,05 = 0,23$$

Так як $E_6 > \tau_{\min}$ то інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки.

Розрахуємо термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_6} \quad (6.22)$$

$$T_{ок} = \frac{1}{0,44} = 2,25 \text{ (роки)}$$

Так як $T_{ок} \leq 3...5$ -ти років, то фінансування даної наукової розробки в принципі є доцільним.

ВИСНОВОК

В даному розділі було оцінено економічний потенціал створення мікропроцесорної системи гарячого водопостачання, який є вище середнього. Порівняння нової розробки з аналогом показало, що новий виріб буде набагато краще за аналог по технічним і економічним параметрам.

Оцінка якості і конкурентоспроможності показали, що нова розробка є більш якісною і конкурентноспроможнішою ніж аналоги, які існують на ринку.

Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи по кожній з статей витрат складе 51573,3 грн. Загальна ж величина витрат на виконання та впровадження результатів даної НДР буде складати 71768 грн.

Вкладені інвестиції в даний проект окупляться через 2,25 року при прогнозованому прибутку 215975 грн. за три роки.

ВИСНОВКИ

Відповідно індивідуальному завданню в дипломній роботі розроблено мікропроцесорну систему гарячого водопостачання.

У першому розділі було проведено аналіз методів та засобів вимірювання температури, розглянуто перетворювачі температури та обрано метод для подальшої розробки мікропроцесорної системи гарячого водопостачання.

У другому розділі проведено вибір оптимального варіанту реалізації структурної схеми. Що заключає в собі порівняльну характеристику приладу, що розробляється з вже існуючими прототипом, також вказані переваги та недоліки. Пристрій побудований за такою схемою матиме найкращі кількісні та якісні характеристики та задовольнятиме технічні вимоги поставлені в завданні.

У третьому розділі було проведено розробку електрично принципової схеми та аналіз елементної бази.

У четвертому розділі було представлено алгоритмічне забезпечення роботи мікропроцесорної системи гарячого водопостачання показано задачі які необхідно виконати та описано принцип його дії.

У п'ятому розділі було представлено метрологічні характеристики мікропроцесорної системи гарячого водопостачання.

У шостому розділі було оцінено економічний потенціал створення мікропроцесорної системи гарячого водопостачання, який є вище середнього. Порівняння нової розробки з аналогом показало, що новий виріб буде набагато краще за аналог по технічним і економічним параметрам.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кухарчук В.В. Метрологія та вимірювальна техніка. Навчальний посібник / Кухарчук В.В., Кучерук В.Ю., Долгополов В.П., Грумінська Л.В. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2004. –252с.
2. Датчики температури [Електронний ресурс] .Режим доступу: <http://www.platan.ru/shem/pdf/tempr.pdf>
3. Поджаренко В.О. Основи метрології та вимірювальної техніки. / Поджаренко В.О., Кулаков П.І., Ігнатенко О.Г., Войтович О.П. Вінниця ВНТУ 2006, 152с.
4. Microcontroller Atmega [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.atmel.com/devices/atmega8.aspx>
5. MOTOROLA MC7805CT [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.rfparts.com/integrated-circuits/integratedcircuits-mc/mc7805ct.html>
- 6.Технічна документація TMP04 [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/TMP03_04.pdf
- 7.Основи метрології та електричних вимірювань : підручник / [Кухарчук В. В., Кучерук В. Ю., Володарський Є. Т., Грабко В. В.] – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 522 с.
8. Осадчук В. С., Осадчук О. В., Вербицький В. Г. Температурні та оптичні мікроелектронні частотні перетворювачі. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2001. – 195с.
9. Є.С. Поліщук, М.М. Дорожовець, Б.І. Стадник, О.В. Івахів, Т.Г. Бойко, А. Ковальчук: Засоби та методи вимірювань неелектричних величин: Підручник/ За ред. проф. Є.С. Поліщука – Львів: Видавництво “БескидБіт”, 2008. – 618 с.
- 10.Мейзда Ф. Электронные измерительные приборы и методы измерения: Справочник – М.:Мир, 1990. – 535.

11. Поліщук Є.С. Методи та засоби вимірювань неелектричних величин: Підручник/ Є. С. Поліщук. – Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2000. – 360
12. Интерфейсы RS-485 [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://bookasutp.ru/Chapter2_3.aspx (31.05.2017)
13. Проектирование микропроцесорных измерительных приборов и систем/В.Д. Циделко, Н.В. Нагаец, Ю.В. Хохлов и др.- К.: Техніка, 1984.-215
14. Демина Л.Н. Методы и средства измерений, испытаний и контроля. Москва.,2010,- 292с.
15. Поджаренко В.О., Кучерук В.Ю., Севастьянов В.М. Основи мікропроцесорної техніки. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 206 с.
16. Терещенко Т.О., Петергеря Ю.С., Жуйков В.Я., Хохлов Ю.В., Мороз А.В. Мікропроцесори та мікроконтролери. Електронний підручник. КПІ 2009р.
17. Белов А.В. Создаем устройства на микроконтроллерах. – СПб.: Наука и Техника, 2007. – 304 с.: ил
18. Схемотехніка електронних систем: У 3 кн. Кн.3. Мікропроцесори та мікроконтролери: Підручник/ В. І. Бойко, А. М. Гуржій, В. Я. Жуйков та інш. – К.: Вища шк., 2004. – 399с. – ISBN 966-642-193-3.
19. Микропроцессорные системы: Учебное пособие для вузов / Е. К. Александров, Р. И. Грушвицкий, М. С. Куприянов, О. Е. Мартынов,; Под общ. ред. Д. В. Пузанкова. — СПб.: Политехника, 2002. – 935 с. – ISBN 5-7325-0516-4.

20. Луцик Я.Т. Вимірювання температури: теорія та практика / Я.Т. Луцик, О.П. Гук, О.І. Лах, Б.І. Стадник. – Львів : Вид-во "Бескид Біт", 2006. – 560 с.

21. Володарський Є. Т. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю. Навч. посібник. - Вінниця: ВДТУ, 2001. – 219 с.

22. Курская Т.Н. Повышение точности и безопасности высокотемпературных измерений контактными датчиками / Т.Н. Курская // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов. Сборник научных трудов. - 2007. – т 1(48). – С.119-122.