

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний факультет

Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Юрій КИРИЧУК

«___» _____ 2023 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Роботизовані і автоматизовані
системи неруйнівного контролю та діагностики»**

**спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології»**

на тему: «Автоматизована система контролю температури»

Виконав:

Студент IV курсу, групи ПК-91
Безверхий Едуард Володимирович

Керівник:

Професор
Протасов Анатолій Георгійович

Рецензент:

доцент, к.т.н.
Добролюбова Марина Валеріївна

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.
Студент (-ка) _____

Київ – 2023 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДПБ.ПК-91.03.1760.03.000 ПЗ	Пояснювальна записка	53	
3	A1	ДПБ.ПК-91.03.1760.03.000 СхФ	Функціональна схема	1	
4	A1	ДПБ.ПК-91.03.1760.03.000 СхЕ	Електрична принципова схема	1	
5	A1	ДПБ.ПК-91.03.1760.03.000 СК	Складальний кресленик	1	
6	A1		Плакат	2	

				ДПБ.ПК-91.03.1760.03.000 ПЗ		
	ПІБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Розробн.	Безверхий Е.В.				1	1
Керівн.	Протасов А.Г.				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. АСНК Гр. ПК-91	
Консульт.						
Н/контр.						
Зав.каф.	Киричук Ю.В.					

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Автоматизована система контролю
температури»

Київ – 2023 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Приладобудівний факультет

Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма «Роботизовані і автоматизовані системи неруйнівного контролю та діагностики»»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Юрій КИРИЧУК

«__» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Безверхому Едуарду Володимировичу

1. Тема проєкту «Автоматизована система контролю температури», керівник проєкту Протасов Анатолій Георгійович, професор, затверджені наказом по університету від «30» травня 2023 р. № 2057-с.
2. Термін подання студентом проєкту _____ 15.06.2023р _____
3. Вихідні дані до проєкту: температурний діапазон $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $380\text{ }^{\circ}\text{C}$
4. Зміст пояснювальної записки:
 - 1) Аналітичний огляд;
 - 2) Розрахункова частина;
 - 3) Підбір компонентів електричної схеми
 - 4) Висновок
 - 5) Список використаної літератури
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) : функціональна схема, електрична принципова схема, складальний кресленик.

6. Консультанти розділів проєкту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 26.03.2023

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналіз особливостей об'єкта контролю	26.03.2023	
2	Обґрунтування вибору інфрачервоного перетворювача	11.04.2023	
3	Постановка завдання	25.04.2023	
4	Вибір структурної схеми	13.05.2023	
5	Розрахунок всіх елементів	19.05.2023	
6	Проектування дефектоскопа	27.05.2023	
7	Оформлення дипломного проєкту	30.05.2023	
8	Підбиття підсумків	03.06.2023	

Студент

Едуард БЕЗВЕРХИЙ

Керівник

Анатолій ПРОТАСОВ

* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проєкту.

Анотація

Дипломна робота присвячена розробці та реалізації автоматизованої системи контролю температури. Метою дослідження є створення ефективного та надійного засобу для точного вимірювання температури в різних сферах застосування, таких як промисловість, медицина, сільське господарство тощо.

У роботі будуть проаналізовані різні методи та пристрої для контролю температури, включаючи термометри, термопари, терморезистори та інфрачервоні термометри. Вивчені методи будуть порівняні за точністю, швидкістю реакції, діапазоном вимірювання та іншими параметрами, що дозволить визначити найбільш оптимальні рішення для автоматизованої системи контролю температури.

У процесі дослідження будуть використані сучасні методи та інструменти програмування, а також апаратні засоби для створення прототипу системи. Розроблена система буде здатна збирати, обробляти та відображати дані про температуру в режимі реального часу. Вона також буде включати можливості налаштування тривалості спостереження, встановлення меж безпеки температури та автоматичне сповіщення у випадку виявлення небезпечних значень.

Основними перевагами розробленої автоматизованої системи контролю температури будуть висока точність вимірювання, швидка реакція на зміни температури, простота використання та можливість збереження та аналізу зібраних даних.

Отримані результати дослідження та розробки системи будуть корисними для впровадження в різні сфери, де важливий точний контроль температури, що сприятиме покращенню процесів, збільшенню ефективності та забезпеченню безпеки.

Ключові слова: контроль температури, пірометр, інфрачервоний перетворювач.

Мета роботи: спроектувати прилад, який зможе контролювати температуру об'єкта контролю під час зварювання.

Abstract

The thesis is dedicated to the development and implementation of an automated temperature control system. The research aims to create an efficient and reliable tool for accurate temperature measurement in various fields of application, such as industry, medicine, agriculture, and more.

The work will analyze different methods and devices for temperature control, including thermometers, thermocouples, thermistors, and infrared thermometers. The studied methods will be compared based on accuracy, response time, measurement range, and other parameters, allowing for the determination of the most optimal solutions for the automated temperature control system.

Modern programming methods and tools, as well as hardware resources, will be used in the research process to create a prototype of the system. The developed system will be capable of collecting, processing, and displaying temperature data in real-time. It will also include features such as adjustable observation duration, setting temperature safety limits, and automatic notifications in case of detecting dangerous values.

The main advantages of the developed automated temperature control system will be high measurement accuracy, rapid response to temperature changes, ease of use, and the ability to store and analyze collected data.

The obtained results of the research and system development will be valuable for implementation in various fields where precise temperature control is crucial, contributing to process improvement, increased efficiency, and ensuring safety.

Key words: temperature control, pyrometer, infrared transducer.

Objective of the work: to design a device capable of monitoring the temperature of the object during welding.

2.4 Розрахунок об'єктиву	40
РОЗДІЛ 3. ПІДБІР КОМПОНЕНТІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ	44
3.1 Вибір інфрачервоного датчика	44
3.2 Підбір стабілізатора напруги.....	45
3.3 Вибір мікроконтролера.....	46
3.4 Вибір Bluetooth модуля	47
3.5 Вибір датчика вимірювання відстані	48
3.6 Вибір дисплею.....	49
ВИСНОВОК	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	52

ВСТУП

В сучасному світі промислові процеси стають все більш складними та розповсюдженими. Одним із ключових аспектів забезпечення ефективності та безпеки таких процесів є контроль температури. Відповідне підтримання оптимального рівня температури має вирішальне значення для багатьох галузей промисловості, включаючи хімічну, петрохімічну, фармацевтичну, харчову та багато інших.

З метою забезпечення стабільності температурного режиму та попередження небажаних відхилень, виникає потреба в автоматизованих системах контролю температури. Ці системи дозволяють в реальному часі моніторити та регулювати температуру в промислових процесах, забезпечуючи точність та ефективність роботи.

Промислова автоматизована система контролю температури є складною інженерною системою, що поєднує в собі різноманітні компоненти, такі як датчики температури, контролери, актуатори та програмне забезпечення. Вона базується на принципах автоматизації та зворотного зв'язку, що дозволяють системі аналізувати отримані дані та приймати рішення щодо необхідних корекцій температурного режиму.

Метою даної дипломної роботи є детальне дослідження та аналіз промислової автоматизованої системи контролю температури, зокрема її принципів роботи, компонентів та методів застосування. Також розглядаються питання щодо підбору оптимальних параметрів системи, визначення режимів роботи та важливі аспекти щодо безпеки та надійності.

Результати цього дослідження можуть мати велике значення для промислових підприємств, які прагнуть покращити ефективність своїх процесів та забезпечити стабільність управління температурою. Впровадження промислової автоматизованої системи контролю температури може привести до зниження витрат, поліпшення якості продукції, підвищення безпеки промислових процесів та зменшення впливу на навколишнє середовище.

					<i>ДПБ.ПК-91.03.1760.03.000 ПЗ</i>	Арку
						10
Зм.	Аркцш	№ док.м.	Підпис	Дата		

У цій дипломній роботі буде проведено аналіз різних аспектів промислової автоматизованої системи контролю температури та надані рекомендації щодо її ефективного впровадження та налаштування. Дослідження в цій області сприятиме подальшому розвитку промислової автоматизації та сприятиме покращенню процесів у сучасних промислових галузях.

					<i>ДПБ.ПК-91.03.1760.03.000 ПЗ</i>	Арку
<i>Зм.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		11

РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Фізичні основи пірометрії

Фізична основа пірометрії базується на принципах теплового випромінювання та взаємозв'язку між температурою та випроміненням електромагнітної радіації.

Всі об'єкти випромінюють теплове випромінювання внаслідок своєї температури. Це випромінювання складається з широкого спектру електромагнітних хвиль, включаючи інфрачервоне випромінювання. Кількість та розподіл випромінення, що випромінюється об'єктом, залежать від його температури. Згідно із законом Планка, інтенсивність випромінювання, що випромінюється чорним тілом (ідеалізованим об'єктом, який поглинає та випромінює всю радіацію), пропорційна четвертій степені його абсолютної температури, як це описує закон Стефана-Больцмана.

Пірометрія використовує вимірювання цього теплового випромінювання для визначення температури об'єкта без прямого контакту. Основний принцип пірометрії полягає в виявленні та аналізі інфрачервоного випромінювання, яке випромінюється об'єктом. Випромінення потрапляє в інфрачервоний діапазон електромагнітного спектра.

Пірометри обладнані інфрачервоними сенсорами, які виявляють та вимірюють інтенсивність цього випромінювання. Ці сенсори можуть базуватись на різних технологіях, таких як термопари, термопари, або болометри. Коли інфрачервоне випромінювання взаємодіє з сенсором, воно генерує електричний сигнал, пропорційний інтенсивності випромінювання.

Електричний сигнал потім обробляється та калібрується для перетворення його в показник температури. Ця калібрування включає врахування таких факторів, як характеристики відповіді сенсора, емісія об'єкта, який вимірюється (яка відображає його здатність випромінювати теплове випромінювання) та інших факторів довкілля, які можуть впливати на точність вимірювання.

					ДПБ.ПК-91.03.1760.03.000 ПЗ	Арку
						12
Зм.	Аркцил	№ докум.	Підпис	Дата		

Процес калібрування також може включати встановлення посилення за допомогою відомого джерела температури, такого як чорне тіло. Порівнюючи електричний сигнал, що генерується сенсором, з посиленням, пірометр може точно визначити температуру об'єкта.

Важливо зазначити, що різні типи пірометрів можуть використовувати додаткові техніки або технології для підвищення точності та подолання викликів, таких як змінна емісія, відстань або втручання навколишніх об'єктів.

Підсумовуючи, фізична основа пірометрії ґрунтується на вимірюванні та аналізі інфрачервоного випромінювання, яке випромінюється об'єктами у залежності від їх температури. Шляхом виявлення та вимірювання цього випромінювання пірометри надають можливість точно визначити температуру об'єктів у різних промислових, наукових та дослідницьких застосуваннях без прямого контакту з ними.

1.2 Принцип роботи пірометрів

Принцип роботи пірометрів базується на вимірюванні та аналізі теплового випромінювання, що випромінюється об'єктами в залежності від їх температури. Пірометри використовують той факт, що всі об'єкти випромінюють електромагнітне випромінювання, зокрема інфрачервоне, внаслідок своєї температури.

Основний принцип полягає у виявленні та аналізі інфрачервоного випромінювання, яке випромінюється об'єктом. Пірометри використовують інфрачервоні сенсори або детектори, які чутливі до цього типу випромінювання. Ці сенсори можуть базуватися на різних технологіях, таких як термопари, термопари або болометри.

Коли інфрачервоне випромінювання, що випромінюється об'єктом, взаємодіє з сенсором, воно генерує електричний сигнал. Інтенсивність цього електричного сигналу пропорційна інтенсивності інфрачервоного випромінювання, яке отримує сенсор.

Електричний сигнал, що генерується сенсором, потім обробляється та калібрується для перетворення його в показник температури. Калібрування

включає компенсацію факторів, які можуть впливати на точність вимірювання, таких як характеристики відповіді сенсора, емісія об'єкта (яка відображає його здатність випромінювати теплове випромінювання) та інші фактори довкілля.

У деяких випадках пірометри можуть використовувати посилення на відоме джерело температури, наприклад, чорне тіло. Шляхом порівняння електричного сигналу, що генерується сенсором, з посиленням, пірометр може точно визначити температуру об'єкта.

Важливо відзначити, що різні типи пірометрів можуть мати додаткові функціональні можливості або використовувати різні техніки для підвищення точності та подолання викликів, таких як змінна емісія, відстань або вплив навколишніх об'єктів.

Загалом, принцип роботи пірометрів полягає в вимірюванні та аналізі інфрачервоного випромінювання, яке випромінюється об'єктами, для визначення їх температури. Шляхом виявлення та квантифікації цього випромінювання пірометри надають можливість точного вимірювання температури без прямого контакту в різних промислових, наукових та дослідницьких застосуваннях.

1.3 Класифікація безконтактних вимірювачів температури

Безконтактні промислові термометри, також відомі як інфрачервоні термометри або пірометри, широко використовуються у різних промислових застосуваннях, де прямий контакт з вимірюваним об'єктом не є можливим або бажаним. Ці термометри використовують принципи інфрачервоної радіації для точного та швидкого вимірювання температури об'єктів. Вони мають значні переваги, такі як безконтактне вимірювання, можливість дистанційного зондування та здатність вимірювати високі температури або рухомі об'єкти.

За дизайном та функціональністю безконтактні промислові термометри можуть бути класифіковані на декілька категорій.

1.3.1 Постійні точкові пірометри

Постійні точкові пірометри широко застосовуються в промислових областях, де потрібне точне вимірювання температури певної точки або цільової області. Ці пірометри складаються з інфрачервоного датчика та оптичної системи, яка збирає та фокусує інфрачервоне випромінювання, що випромінюється об'єктом, який вимірюється. Сфокусоване випромінювання потім реєструється датчиком, який перетворює його на електричний сигнал, пропорційний температурі об'єкта.

Однією з ключових переваг постійних точкових пірометрів є їх здатність надавати точні та надійні вимірювання температури з фіксованої відстані. Вони можуть вимірювати температуру нерухомих об'єктів у своєму полі зору без прямого контакту. Це робить їх придатними для застосувань, де прямий контакт з об'єктом неможливий або може потенційно вплинути на температуру або цілісність об'єкта.

Постійні точкові пірометри широко застосовуються в промислових процесах, таких як металургія, виробництво скла, кераміки та моніторинг печей. Вони можуть бути встановлені в стратегічних місцях, щоб постійно контролювати температуру критичних компонентів або конкретних цільових областей. Забезпечуючи оптимальний контроль температури, ці пірометри сприяють ефективності процесу, якості продукції та загальній безпеці.

Оптична система постійних точкових пірометрів відіграє важливу роль у досягненні точних вимірювань. Вона допомагає фокусувати інфрачервоне випромінювання на датчику, мінімізуючи вплив інших навколишніх об'єктів або випромінювання. Оптична система може включати лінзи, дзеркала або волоконно-оптичні канали, залежно від конкретних вимог застосування.

Для забезпечення точних вимірювань температури необхідна калібрування постійних точкових пірометрів. Калібрування включає порівняння вимірювань пірометра з джерелом відомої температури для перевірки його точності.

Регулярна калібрування допомагає зберігати надійність та продуктивність пірометра протягом часу.

Постійні точкові пірометри часто мають додаткові функціональні можливості, такі як налаштовувані настройки емісії, які дозволяють компенсувати варіації в характеристиках поверхні об'єкта. Вони також можуть мати функції вбудованого ведення журналу даних або опції підключення для віддаленого моніторингу та інтеграції з системами управління.



Рис. 1.1 Постійні точкові пірометри

Підсумовуючи, постійні точкові пірометри є надійними та універсальними приладами для вимірювання температури без контакту в промислових умовах. Вони надають точні вимірювання з фіксованої відстані, що дозволяє їх використовувати в застосуваннях, де прямий контакт неможливий або небажаний. Здатність контролювати конкретні точки або цільові області дозволяє постійним точковим пірометрам сприяти оптимізації процесу, контролю якості та поліпшенню безпеки в широкому спектрі промислових галузей.

1.3.2 Скануючі пірометри

Скануючі пірометри є передовими безконтактними промисловими термометрами, які надають можливість вимірювати температуру по всій більшій площі або поверхні, шляхом швидкого сканування поля зору. Ці пірометри призначені для профілювання температури та створення карт температур, що

дозволяє проводити детальний аналіз розподілу температури на об'єкті або поверхні.

Скануючі пірометри використовують рухоме дзеркало або механізм обертання для сканування області цільової зони. Процес сканування дозволяє пірометру збирати дані про температуру з кількох точок, створюючи повну карту температур. Ця карта може бути використана для аналізу варіацій температури, виявлення гарячих точок та моніторингу змін температури з часом.

Оптична система скануючих пірометрів відіграє важливу роль у забезпеченні точності вимірювання температури. Вона фокусує інфрачервоне випромінювання, що випромінюється об'єктом, на детектор, захоплюючи теплову енергію і перетворюючи її на електричний сигнал. Детектор аналізує сигнал для визначення температури в кожній сканованій точці.

Ці пірометри надають гнучкість щодо шаблону та швидкості сканування, дозволяючи користувачам налаштувати параметри сканування залежно від конкретних вимог. Деякі скануючі пірометри пропонують безперервне сканування, тоді як інші - дискретне або крокове сканування. Швидкість сканування також може бути налаштована для збору даних про температуру в реальному часі або за певними інтервалами.

Скануючі пірометри знаходять застосування в різних промислових процесах, де важливий аналіз розподілу температури. Наприклад, в процесах термообробки вони використовуються для моніторингу профілів нагрівання або охолодження матеріалів, забезпечуючи оптимальний контроль процесу та потрібні властивості матеріалу. Вони також застосовуються в промисловості, такій як виробництво сталі, виготовлення скла та виготовлення напівпровідників, де важлива рівномірність температури на поверхні або виробі.

Отримані дані про температуру від скануючих пірометрів можуть бути візуалізовані за допомогою графічних зображень, карт температур або теплових зображень, що допомагає виявити закономірності температур та аномалії. Ця інформація дозволяє операторам та інженерам приймати обґрунтовані рішення щодо коригування процесів, контролю якості та усунення неполадок.

					<i>ДПБ.ПК-91.03.1760.03.000 ПЗ</i>	Арку
						17
Зм.	Аркуш	№ док.м.	Підпис	Дата		

У загальному, скануючі пірометри надають потужний інструмент для профілювання температури та створення карт температур, що забезпечує цінні відомості про розподіл температури на об'єктах або поверхнях. Їх можливість збору детальних даних про температуру та аналіз варіацій температури робить їх незамінним інструментом для оптимізації промислових процесів та забезпечення стабільної якості продукції.

1.3.3 Портативні ручні пірометри

Портативні ручні пірометри - це компактні, переносні пристрої, які можна зручно використовувати однією рукою. Вони ідеально підходять для швидкого вимірювання температури в різних промислових середовищах, включаючи ГВК (газопостачання, вентиляцію та кондиціонування повітря), автомобільну промисловість, обробку харчових продуктів та багато інших. Ці пірометри часто мають вбудований дисплей, що надає миттєві показники температури.

Портативні ручні пірометри мають компактний розмір, що робить їх переносними і зручними для перенесення. Вони спеціально розроблені так, щоб оператори змогли комфортно тримати і використовувати їх, навіть протягом тривалого часу. Ця функція особливо корисна в ситуаціях, коли вимірювання температури необхідно здійснювати в різних місцях приміщення або на відкритому повітрі.

Ці пірометри оснащені вбудованим дисплеєм, який надає миттєві показники температури. Дисплей зазвичай є цифровим екраном, на якому відображається виміряна температура в реальному часі, що дозволяє операторам швидко оцінити та проаналізувати дані про температуру. Деякі ручні пірометри також можуть мати додаткові функції на дисплеї, такі як мінімальне та максимальне значення температури, налаштовувані параметри емісії або функції сигналізації для вказівки порогів температури.

Портативні ручні пірометри використовують не контактну інфрачервону технологію для вимірювання температури об'єкта без фізичного контакту. Вони використовують інфрачервоний сенсор, який виявляє та реєструє інфрачервоне

					<i>ДПБ.ПК-91.03.1760.03.000 ПЗ</i>	Арку
						18
Зм.	Аркуш	№ док.м.	Підпис	Дата		

випромінювання, що виділяється від об'єкта, який вимірюється. Сенсор перетворює отримане випромінювання на електричний сигнал, який потім обробляється пірометром для розрахунку та відображення відповідного показника температури.

Ці пірометри призначені для надання точних та надійних показників температури в межах встановленого діапазону. Вони часто пропонують регульовані параметри емісії для врахування варіацій у емісії поверхні об'єкта, що впливає на точність вимірювання температури. Крім того, вони можуть мати різні режими вимірювання, такі як вимірювання точки або постійне сканування, залежно від конкретної моделі та вимог застосування.

Загалом, портативні ручні пірометри - це компактні та прості у використанні пристрої для вимірювання температури, які надають швидкі та надійні показники температури в промислових середовищах. Їх переносність, зручність і вбудований дисплей роблять їх цінними інструментами для фахівців у галузях, таких як ГВК, автомобільна промисловість, обробка харчових продуктів та інші, дозволяючи ефективний контроль температури в різних ситуаціях.

1.3.4 Інфрачервоні термографічні камери

Інфрачервоні термографічні камери є передовими безконтактними промисловими термометрами, які використовують масив інфрачервоних датчиків для отримання і візуалізації термографічних зображень об'єктів або сцен. Ці камери використовують принципи інфрачервоного випромінювання та перетворюють виявлене випромінювання в візуальне відображення розподілу температури, яке загалом відоме як термограма. Це дозволяє проводити комплексний аналіз температури та виявляти гарячі точки або зміни температури по заданій області.

Основні особливості та функціонал інфрачервоних термографічних камер включають:

а) Термальна чутливість: Ці камери розроблені для виявлення й навіть найдрібніших різниць у температурі, маючи високу термальну чутливість. Вони

					<i>ДПБ.ПК-91.03.1760.03.000 ПЗ</i>	Арку
						19
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

точно вимірюють зміни температури в певному діапазоні температур, зазвичай від менше 0,1°C до кількох сотень градусів Цельсія.

б) Роздільна здатність зображення: Інфрачервоні термографічні камери надають різні рівні роздільної здатності зображення, від базових роздільних здатностей для загальних оглядів до високої роздільної здатності для детального аналізу. Вища роздільна здатність забезпечує чіткіше та більш точне вимірювання температури та візуалізацію.

в) Візуалізація в реальному часі: Термографічні камери забезпечують можливість візуалізувати термографічні зображення в режимі реального часу, дозволяючи безперервний моніторинг та негайну візуалізацію розподілу температури. Це особливо корисно в динамічних промислових процесах, де температурні зміни відбуваються швидко.

г) Палітри кольорів: Інфрачервоні термографічні камери надають різні палітри кольорів для представлення змін температури. Споживачі часто використовують палітри, такі як градація сірого, веселка, "залізний лук" та високий контраст. Ці палітри присвоюють різні кольори або відтінки для різних діапазонів температур, що спрощує інтерпретацію термографічних зображень.

д) Інструменти вимірювання температури: Багато термографічних камер мають вбудовані або зовнішні програмні засоби для детального аналізу даних та звітності. Користувачі можуть проводити детальний аналіз температурних залежностей, генерувати звіти та порівнювати зображення з різних моментів часу для аналізу тенденцій.

е) Гнучкість застосування: Інфрачервоні термографічні камери застосовуються в різних галузях промисловості, включаючи будівельну діагностику, електричні перевірки, моніторинг механічного обладнання, науково-дослідну роботу та запобіжне утримання. Вони особливо корисні для виявлення електричних несправностей, проблем з теплоізоляцією, теплових витоків та аномальних температурних розподілів в промислових процесах.

ж) Віддалений моніторинг: Деякі термографічні камери підтримують бездротове підключення або можливість інтеграції в мережу, що дозволяє

					<i>ДПБ.ПК-91.03.1760.03.000 ПЗ</i>	Арку
						20
Зм.	Аркуш	№ док.м.	Підпис	Дата		

віддалений моніторинг та обмін даними. Це корисно в сценаріях, де потрібен безперервний моніторинг температури та аналіз з центрального керуючого приміщення або для інтеграції в існуючу систему промислової автоматизації.

Підсумовуючи, інфрачервоні термографічні камери є потужним інструментом для безконтактного вимірювання температури та аналізу. Їх здатність захоплювати термографічні зображення та візуалізувати розподіл температури в реальному часі дозволяє ефективно вирішувати проблеми, проводити запобіжне утримання та оптимізувати промислові процеси. Завдяки своїй універсальності та передовим функціям, термографічні камери стали невід'ємним інструментом в різних промислових секторах.

1.3.5 Двокольорові пірометри

Двокольорові пірометри є спеціалізованим типом промислових безконтактних термометрів, які надають унікальні переваги в певних застосуваннях. Ці пірометри використовують принцип двокольорового або співвідношеного вимірювання для точного визначення температури об'єкта.

Основна концепція, що стоїть за двокольоровою пірометрією, полягає в тому, що різні матеріали випромінюють інфрачервоне випромінювання при різних довжинах хвиль, залежно від їх температури. Шляхом вимірювання випромінювання, що випромінюється при двох різних довжинах хвиль, пірометр може розрахувати температуру, використовуючи співвідношення цих вимірювань. Цей підхід на основі співвідношення допомагає подолати проблеми, пов'язані з варіаціями емісії цілі, які можуть впливати на точність вимірювання температури.

Однією з основних переваг двокольорових пірометрів є їх здатність вимірювати температуру об'єктів з невідомою або змінною емісією. Емісія - це властивість матеріалу, яка визначає його ефективність випромінювання теплового випромінювання. Різні матеріали мають різні значення емісії, і вони можуть змінюватись залежно від температури або умов поверхні. Традиційні пірометри з однією довжиною хвилі базуються на припущеннях або попередніх

знаннях про емісію цілі, що може впливати на точність вимірювання температури. Двокольорові пірометри, з іншого боку, мінімізують ці похибки, використовуючи співвідношення двох вимірювань для усунення впливу емісії.

У практичних застосуваннях двокольорові пірометри часто використовують два датчики або фотодетектори, які чутливі до різних діапазонів довжин хвиль. Ці детектори можуть бути термопарою або напівпровідниковими датчиками. Пірометр може використовувати фільтри або оптичні елементи для вибору бажаних довжин хвиль та спрямування випромінювання на відповідні датчики. Вихідні сигнали з датчиків потім обробляються для розрахунку температури на основі встановленого алгоритму співвідношення.

Двокольорові пірометри знаходять застосування в різних галузях та процесах. Вони особливо корисні в ситуаціях, коли матеріал цілі має невідому або змінну емісію, такі як обробка металів, виготовлення скла або випадки, коли умови поверхні об'єкта, який вимірюється, змінюються з часом. Вони забезпечують покращену точність і надійність порівняно з пірометрами з однією довжиною хвилі в таких ситуаціях.

Варто зазначити, що точність двокольорових пірометрів залежить від факторів, таких як стабільність та калібрування датчиків, вирівнювання оптичної системи та температурний діапазон, для якого вони призначені. Ретельна калібрування та налаштування є важливими для забезпечення надійних і точних вимірювань температури.

Загальний висновок полягає в тому, що двокольорові пірометри надають ефективне рішення для вимірювання температури в ситуаціях, де емісія цілі є невідомою або змінною. Завдяки використанню співвідношення двох довжин хвиль ці пірометри пропонують покращену точність та універсальність, роблячи їх цінними інструментами в промислових процесах, де важливе точне контролювання температури.

1.4 Сфери застосування пірометрів у промисловості

Пірометри знаходять широке застосування в різних галузях промисловості завдяки їхній можливості вимірювати температуру без прямого контакту.

					<i>ДПБ.ПК-91.03.1760.03.000 ПЗ</i>	Арку
						22
Зм.	Аркцш	№ док.м.	Підпис	Дата		

1.4.1 В металургійній промисловості

Застосування пірометрів в металургійній промисловості є широким і різноманітним. Основною метою використання пірометрів у цій галузі є точне вимірювання температури в різних процесах обробки та виготовлення металевих виробів.

У металургії пірометри використовуються під час плавлення металу, де точний контроль температури є важливим для досягнення бажаної якості та складу металевих сплавів. Під час плавлення металу пірометри дозволяють точно визначати температуру плавлення та підтримувати її на потрібному рівні.



Рис. 1.2 Пірометри у промисловості

Крім того, пірометри знаходять застосування в ковальських процесах, де температура відіграє важливу роль у формуванні та обробці металевих виробів. Вимірювання температури дозволяє контролювати оптимальні умови ковки, що впливає на міцність, жорсткість та структуру кінцевого продукту.

Крім того, пірометри застосовуються в процесах термообробки металу, які включають нагрівання, відпускання та закалку. Вимірювання температури дозволяє точно контролювати температурний режим термообробки, що впливає на властивості та структуру металевих матеріалів.

Крім того, пірометри широко використовуються під час лиття металу, де контроль температури допомагає досягнути оптимальних умов злиття та формування металевих виробів. Вимірювання температури дозволяє точно визначити момент, коли метал досягає потрібної рідинності та готовий для лиття.

Отже, використання пірометрів у металургійній промисловості є незамінним для досягнення точного контролю температури в різних процесах обробки та виготовлення металевих виробів. Це дозволяє забезпечити якість продукції, оптимізувати ефективність виробництва та запобігти можливим дефектам.

1.4.2 В скляній промисловості

Пірометри відіграють важливу роль у виробництві скла. У цій галузі вимірювання температури є критичним, оскільки впливає на процеси плавлення, формування та отжигу скла. Пірометри дозволяють точно контролювати температуру під час цих процесів, що має суттєвий вплив на якість та характеристики отриманого продукту.

У процесі плавлення скла, пірометри використовуються для вимірювання температури розплавленого скляного матеріалу. Точні дані про температуру дозволяють контролювати процес плавлення та підтримувати його в оптимальному режимі для досягнення бажаних властивостей скла.

Під час формування скла, пірометри використовуються для контролю температури в процесі нагріву та формування скляної маси. Оптимальне підтримання заданої температури дозволяє отримати продукти з необхідною формою та якіст

Після формування скляних виробів використовується процес отжигу, під час якого пірометри контролюють ю.

температуру під час поступового охолодження скла. Це важливий етап для зниження напруги та зміцнення скляних виробів. Точне вимірювання температури під час отжигу допомагає забезпечити високу якість та надійність скляних виробів.

Додатково, пірометри можуть використовуватись для визначення температури скляних печей та камер, де відбуваються процеси плавлення та формування скла. Це дозволяє забезпечити оптимальні умови та ефективність роботи усього виробничого процесу.

					<i>ДПБ.ПК-91.03.1760.03.000 ПЗ</i>	Арку
						24
Зм.	Аркцш	№ докцм.	Підпис	Дата		

Таким чином, пірометри у скляній промисловості є незамінними інструментами для точного контролю температури під час процесів плавлення, формування та отжигу скла. Це дозволяє досягати високої якості та надійності скляних виробів, а також оптимізувати ефективність виробництва.

1.4.3 У керамічній промисловості

Сфера застосування пірометрів у керамічній промисловості включає широкий спектр процесів, пов'язаних з виробництвом та обробкою керамічних матеріалів.

У процесі випалу керамічних виробів, який є одним з основних етапів виробництва, точний контроль температури має вирішальне значення для досягнення бажаної якості та властивостей кінцевого продукту. Пірометри використовуються для моніторингу та регулювання температури печей, в яких відбувається випал керамічних виробів.

Принцип роботи пірометрів полягає у вимірюванні інфрачервоного випромінювання, що випромінюється керамічними виробами в процесі випалу. Пірометри сприймають це випромінювання та перетворюють його на електричний сигнал. За допомогою спеціальних алгоритмів та калібрування, пірометри перетворюють цей сигнал у виміряну температуру.

Одним з ключових аспектів застосування пірометрів у керамічній промисловості є забезпечення стабільного та контрольованого нагріву під час випалу. Керамічні вироби можуть мати різні розміри, форми та товщини, тому важливо забезпечити однорідний нагрів та уникнути надмірного нагріву або охолодження, що може призвести до дефектів.

Пірометри дозволяють моніторити температуру в різних частинах печі та контролювати процеси теплової обробки. Це дозволяє досягти оптимального спікання та скління керамічних матеріалів, підтримати однорідність якості продукції та знизити відхилення властивостей.

Пірометри також можуть використовуватись для контролю температури при формуванні та обробці керамічних виробів. Вони дозволяють вимірювати

					<i>ДПБ.ПК-91.03.1760.03.000 ПЗ</i>	Арку
						25
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

температуру поверхні виробів під час процесів обробки, таких як глазурування або фарбування.

Застосування пірометрів у керамічній промисловості сприяє покращенню якості продукції, підвищенню ефективності виробництва та зниженню відхилень у властивостях кінцевого продукту. Вони дозволяють контролювати температуру з високою точністю, забезпечуючи надійний та прецизійний моніторинг важливих процесів в керамічній промисловості.

1.4.4 У енергетичній галузі

Пірометри знаходять широке застосування в енергетичній галузі, зокрема в моніторингу температур в котлах та печах. У енергетичних станціях, де генеруються тепло та електрична енергія, точний контроль температури є важливим аспектом для досягнення ефективного виробництва, зниження зношування обладнання та запобігання аваріям.

Пірометри використовуються для моніторингу температурних параметрів у котлах, де відбувається згорання палива для нагріву води та перетворення її в пар. Точний контроль температури камери згорання допомагає забезпечити оптимальний рівень згорання, покращує ефективність виробництва та знижує викиди шкідливих речовин у навколишнє середовище.

Крім того, пірометри використовуються для моніторингу температурних параметрів у печах, які використовуються для нагріву матеріалів, наприклад, при виробництві цегли, сталі або скла. Правильний контроль температури допомагає досягти оптимальних умов печі, забезпечує однорідність нагріву матеріалів та попереджує можливі дефекти в кінцевому продукті.

Завдяки пірометрам оператори енергетичних установок можуть отримувати реальний часовий звіт про температуру, виявляти будь-які аномалії, які можуть бути для запобігання аваріям або пошкодженню обладнання.

Точні вимірювання температури, забезпечені пірометрами, є важливими для підтримки безпечного та надійного функціонування енергетичних установок, а також для досягнення ефективного виробництва енергії.

					<i>ДПБ.ПК-91.03.1760.03.000 ПЗ</i>	Арку
						26
Зм.	Аркцш	№ докцм.	Підпис	Дата		

У хімічній промисловості

Пірометри знаходять широке застосування в хімічній промисловості, де точний моніторинг температури є важливим для забезпечення ефективності реакцій, якості продукції та безпеки процесів. Вони використовуються в різних хімічних процесах:

Дистиляція: Пірометри використовуються для контролю температури під час дистиляційних процесів. Вони дозволяють точно виміряти температуру парів або рідини, що переходять у випари, що є важливим для регулювання процесу та отримання бажаних фракцій продукту.

Полімеризація: У виробництві полімерів пірометри використовуються для контролю температури під час полімеризаційних реакцій. Вони дозволяють точно регулювати температурний режим, що впливає на якість та властивості полімеру.

Каталітичні реакції: Пірометри використовуються в каталітичних процесах, де температура грає важливу роль у швидкості реакції та виробництві продукту. Вони допомагають контролювати температуру в реакторі та забезпечити оптимальні умови для каталізаторів та реакційних компонентів.

Пірометри дозволяють забезпечити стабільність температури в хімічних процесах, де навіть невеликі зміни можуть впливати на якість продукту та вихід процесу. Точний контроль температури дозволяє забезпечити ефективну роботу реакцій та підтримувати безпеку обладнання та персоналу.

1.4.5 В автомобільній промисловості

Пірометри в автомобільній промисловості знаходять широке застосування в різних аспектах виробництва та тестування автомобілів.

Двигун: Пірометри використовуються для вимірювання температури різних компонентів двигуна, таких як циліндри, поршні, випускні колектори тощо. Це дозволяє моніторити роботу двигуна, виявляти надмірну нагрівання або перегрівання, що може свідчити про несправності або неефективну роботу системи охолодження.

					<i>ДПБ.ПК-91.03.1760.03.000 ПЗ</i>	Арку
						27
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Вихлопні системи: Пірометри допомагають виміряти температуру вихлопних газів, що виходять з автомобільного двигуна. Це важлива інформація для контролю ефективності каталізаторів, фільтрів сажі, а також виявлення можливих проблем з вихлопною системою.

Гальма: Пірометри використовуються для вимірювання температури гальмівних систем автомобілів. Це дозволяє контролювати нагрівання гальмівних компонентів під час гальмування і виявляти надмірне нагрівання, що може призвести до зниження ефективності гальм і збільшення ризику поломок.

Електромобілі: У випадку електромобілів пірометри використовуються для моніторингу температури акумуляторів, електродвигунів та електронних компонентів. Це допомагає виявити перегрівання або перевантаження системи, що може вплинути на продуктивність, безпеку та тривалість роботи електромобіля.

Тестування: Пірометри використовуються під час тестування автомобілів для вимірювання температурних показників різних систем і компонентів, таких як двигун, трансмісія, система охолодження, гальма тощо. Це дозволяє оцінити роботу автомобіля в різних умовах та виявити можливі проблеми або недоліки.

Застосування пірометрів в автомобільній промисловості дозволяє досягти оптимальної продуктивності, забезпечити безпеку та ефективну роботу автомобільних систем, а також виявити потенційні проблеми та запобігти поломкам.

1.5 Необхідність автоматизації безконтактного вимірювання вимірювання температури

1.5.1 Точність

Методи безконтактного вимірювання температури, такі як пірометрія, надають високу точність та прецизію вимірювання температури без потреби у фізичному контакті з об'єктом. Це досягається за допомогою виявлення та

					<i>ДПБ.ПК-91.03.1760.03.000 ПЗ</i>	Арку
						28
Зм.	Аркул	№ док.м.	Підпис	Дата		

аналізу теплового випромінювання, що випромінюється об'єктом, що вимірюється.

Автоматизація відіграє важливу роль у забезпеченні постійних та надійних вимірювань температури з високою точністю та прецизією. Ручні методи вимірювання температури часто супроводжуються людськими помилками, варіаціями у техніках вимірювання або суб'єктивними інтерпретаціями. Автоматизація цього процесу дозволяє усунути або значно зменшити можливі джерела помилок.

Автоматизовані системи безконтактного вимірювання температури використовують передові технології, такі як інфрачервоні сенсори або теплові камери, які можуть виявляти і вимірювати теплове випромінювання, що випромінюється об'єктами в широкому діапазоні температур. Ці системи розроблені для надання точних та повторюваних вимірювань температури, навіть в складних промислових середовищах.

Автоматизація дозволяє забезпечити точний контроль температури в різних промислових процесах. Шляхом постійного моніторингу температури та реагування в реальному часі автоматизовані системи забезпечують підтримку температури в межах вузьких допустимих відхилень, забезпечуючи постійну якість продукту та мінімізуючи відхилення, що можуть впливати на кінцевий результат. Цей рівень точності та прецизії особливо важливий у галузях, де температура відіграє вирішальну роль, таких як виробництво напівпровідників, фармацевтична промисловість або процеси термообробки.

Крім того, автоматизовані системи безконтактного вимірювання температури часто мають передові алгоритми та техніки обробки сигналів, що покращують точність та надійність вимірювань. Вони можуть компенсувати такі фактори, як температура довкілля, змінність емісії або відстань до об'єкта, що дозволяє отримати високоточні та репрезентативні значення температури.

Можливість автоматизувати безконтактне вимірювання температури не тільки забезпечує точність та прецизію, але й дозволяє легко інтегрувати системи в інші автоматизовані системи та процеси. Дані про температуру можуть бути

					<i>ДПБ.ПК-91.03.1760.03.000 ПЗ</i>	Арку
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		29

безпосередньо передаватися та інтегруватися у системи керування, що дозволяє здійснювати негайні корекції або активувати дії на основі певних порогових значень температури.

В цілому, автоматизація безконтактного вимірювання температури гарантує постійні та надійні вимірювання температури з високою точністю та прецизією. Це призводить до поліпшення якості продукції, оптимізації керування процесами та покращення загальної продуктивності у різних промислових застосуваннях.

1.5.2 Безпека працівників

Вимірювання температури без прямого контакту забезпечує безпеку операторів у різних промислових середовищах.

а. Зменшення ризику травм: Автоматизація вимірювання температури без прямого контакту усуває необхідність фізично наближатися до гарячих поверхонь або предметів. Це мінімізує ризик опіків, обпіків або інших травм, пов'язаних з методами вимірювання температури, що передбачають контакт. У високотемпературних середовищах, таких як ливарні, підприємства металообробки або виробництво скла, де об'єкти можуть нагріватися до екстремальних температур, автоматизація гарантує, що оператори не піддаються потенційній небезпеці.

б. Небезпечні середовища: Деякі промислові процеси включають в себе небезпечні або токсичні матеріали, контакт або вплив на які може створити серйозні загрози для здоров'я. Вимірювання температури без прямого контакту дозволяє операторам вимірювати температуру з безпечної відстані, уникнувши контакту зі шкідливими речовинами або середовищами. Промислові галузі, такі як хімічне виробництво, нафтохімічні заводи або атомні електростанції, отримують значну користь від автоматизації вимірювання температури для захисту операторів від небезпеки та запобігання аваріям.

в. Підвищення рівня безпеки на робочому місці: Автоматизація вимірювання температури без прямого контакту сприяє загальному підвищенню безпеки на робочому місці, мінімізуючи людський фактор та ймовірність

					<i>ДПБ.ПК-91.03.1760.03.000 ПЗ</i>	Арку
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		30

виникнення аварій. Автоматизовані системи можуть безперервно контролювати температурні показники без необхідності втручання людини, забезпечуючи, що критичні порогові значення температури не перевищуються. У випадках, коли надмірна теплота може призвести до виходу обладнання з ладу, пожеж або вибухів, автоматизовані системи контролю температури надають попереджувальні сигнали та ініціюють відповідні заходи безпеки.

г. Зниження використання засобів індивідуального захисту: Вимірювання температури без прямого контакту зменшує залежність від використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ). Операторам не потрібно носити громіздку або термостійку екіпіровку при використанні автоматизованих систем, що дозволяє уникнути незручностей та втоми, пов'язаних з тривалим використанням ЗІЗ. Це також усуває витрати на придбання та обслуговування спеціалізованого обладнання, роблячи процес вимірювання температури більш зручним та ефективним.

д. Відповідність регуляторним вимогам: Багато галузей підпорядковані строгим нормам та стандартам безпеки щодо контролю температури. Автоматизація гарантує постійне дотримання цих вимог, оскільки методи вимірювання температури без прямого контакту загалом вважаються більш безпечними та надійними. Завдяки автоматизації вимірювання температури промислові галузі можуть продемонструвати відповідність вимогам безпеки, уникнути штрафних санкцій та забезпечити безпечні умови праці для співробітників.

Підсумовуючи, автоматизація вимірювання температури без прямого контакту значно покращує безпеку в промислових середовищах, знижуючи ризик травм, захищаючи операторів від небезпечних умов, покращуючи загальну безпеку на робочому місці, зменшуючи використання ЗІЗ та забезпечуючи відповідність регуляторним вимогам безпеки. Шляхом усунення необхідності прямого контакту з гарячими або небезпечними об'єктами автоматизація сприяє безпечному робочому середовищу та зменшує потенційні ризики, пов'язані з вимірюванням температури.

					<i>ДПБ.ПК-91.03.1760.03.000 ПЗ</i>	Арку
						31
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5.3 Ефективність та продуктивність

Автоматизація безконтактного вимірювання температури відіграє важливу роль у підвищенні ефективності та продуктивності в різних промислових процесах.

Завдяки автоматизації процесу вимірювання температури можна досягти безперервного моніторингу температури в режимі реального часу. Автоматизовані системи збирають дані про температуру в регулярних інтервалах, надаючи комплексну та точну інформацію про зміни температури протягом процесу. Ці дані можуть бути проаналізовані та використані для оптимізації параметрів процесу, прийняття обґрунтованих рішень та вчасної корекції.

Швидкість та точність автоматичного безконтактного вимірювання температури дозволяють вчасно здійснювати превентивні втручання на основі змін температури. Наприклад, у виробничих процесах автоматизоване вимірювання температури може активувати системи автоматичного охолодження або нагріву, щоб підтримувати потрібний діапазон температур. Це зменшує потребу в ручному втручанні, мінімізує помилки людей та забезпечує роботу процесу в оптимальних умовах температури.

Крім того, автоматизація дозволяє швидку обробку та аналіз даних. Застосування передових алгоритмів та технік машинного навчання до зібраних даних про температуру дозволяє виявляти закономірності, аномалії та зв'язки. Це дозволяє здійснювати прогнозування технічного обслуговування, коли потенційні проблеми або відхилення від бажаної температури виявляються заздалегідь, що дозволяє вжити превентивних заходів. Швидке виявлення температурних проблем допомагає мінімізувати простой у роботі та максимізувати продуктивність.

Автоматизоване безконтактне вимірювання температури також сприяє безперервному інтегруванню з іншими автоматизованими системами та процесами. Дані про температуру можуть бути безпосередньо подані до систем

					<i>ДПБ.ПК-91.03.1760.03.000 ПЗ</i>	Арку
						32
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

керування, зворотних зв'язків або систем збору та контролю даних (SCADA), що дозволяє здійснювати реальні коригування та оптимізувати процес. Ця інтеграція створює замкнуту систему керування, в якій зміни температури безперервно моніторяться та контролюються для підтримки оптимальних умов.

Крім того, автоматизація зменшує залежність від ручного вимірювання температури, яке може бути часомірним та схильним до помилок людини. З автоматизованими системами температурні вимірювання здійснюються послідовно та швидко, що усуває потребу в ручному запису та знижує ризик неточностей.

Узагальнюючи, автоматизація безконтактного вимірювання температури покращує ефективність та продуктивність завдяки наданню реального моніторингу, можливості превентивного втручання, забезпеченню аналізу даних та інтеграції з іншими автоматизованими системами. Ці переваги сприяють оптимізації процесів, мінімізації часу простою, покращенню якості продукції та збільшенню загальної продуктивності в промислових застосуваннях.

1.5.4 Неруйнівний контроль

Неруйнівний контроль (НК) є важливим аспектом застосування методів безконтактного вимірювання температури, оскільки дозволяє оцінювати температуру об'єктів без їх пошкодження або змін.

Традиційні методи вимірювання температури, такі як термомпари або датчики опору, потребують фізичного контакту з об'єктом, що може бути непрактичним або навіть неможливим у деяких ситуаціях. Методи безконтактного вимірювання температури, наприклад, інфрачервона пірометрія, дозволяють подолати це обмеження шляхом вимірювання теплового випромінювання, яке випромінюється об'єктом.

Автоматизація безконтактного вимірювання температури в застосуваннях НК має кілька переваг. По-перше, вона забезпечує постійні та повторювані вимірювання без участі людини, мінімізуючи можливі помилки та відхилення, які пов'язані з ручними методами. Автоматизовані системи можуть бути точно

калібровані та налаштовані для забезпечення точних та надійних показників температури.

По-друге, безконтактне вимірювання температури добре підходить для оцінки температури дрібних, чутливих або цінних об'єктів. Наприклад, у промисловості електроніки або для збереження творів мистецтва прямий контакт з об'єктом може бути неприпустимим через ризик пошкодження або забруднення. Автоматизація процесу безконтактного вимірювання дозволяє зберегти цілісність та функціональність об'єкта при отриманні важливої інформації про температуру.

Крім того, автоматизація сприяє ефективному збору та аналізу даних. Системи безконтактного вимірювання температури можуть бути інтегровані в автоматизовані системи контролю, що дозволяє швидко сканувати великі поверхні або кілька об'єктів за короткий період часу. Автоматизовані алгоритми аналізу можуть обробляти дані про температуру, виявляти аномалії або градієнти температури та надавати цінні відомості для контролю якості та виявлення дефектів.

Неруйнівний контроль часто потребує моніторингу змін температури з плином часу. Автоматизація дозволяє забезпечити постійний моніторинг температури, що дозволяє виявляти зміни, флуктуації або аномалії, які можуть свідчити про можливі дефекти, напруження або проблеми з експлуатацією.

Загалом, автоматизація безконтактного вимірювання температури в застосуваннях неруйнівного контролю надає точний, неінвазивний та ефективний спосіб оцінювання температури без пошкодження об'єкта, який випробовується. Вона покращує контроль якості, дозволяє швидкий збір та аналіз даних і сприяє загальній ефективності та надійності процесів неруйнівного контролю.

					<i>ДПБ.ПК-91.03.1760.03.000 ПЗ</i>	Арку
						34
<i>Зм.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1.5.5 Віддалені та небезпечні середовища

Автоматизація безконтактного вимірювання температури особливо цінна у випадках, коли необхідно контролювати температуру в віддалених або небезпечних середовищах, які недоступні або небезпечні для людей.

а. Віддалені середовища: У промисловості, такій як аерокосмічна, морська нафта та газ або віддалені наукові станції, безконтактне вимірювання температури може бути автоматизовано для моніторингу критичного обладнання, машин або інфраструктури, розташованих у віддалених або відокремлених районах. Автоматизовані системи можуть бути включені в мережі моніторингу, що дозволяє збирати і аналізувати дані про температуру віддалено. Це дозволяє в режимі реального часу контролювати умови температури, вчасно виявляти аномалії та своєчасно втручатися для запобігання відмовам обладнання або небезпечним ситуаціям.

б. Небезпечні середовища: Автоматизація безконтактного вимірювання температури є надзвичайно важливою в небезпечних середовищах, де присутність людей становить ризики. У промисловості, такій як хімічні заводи, ядерні установки або металургійні підприємства, часто зустрічаються високотемпературні процеси або наявність токсичних речовин. Автоматизація вимірювання температури усуває потребу в присутності людей у цих небезпечних зонах, що зменшує можливість виникнення аварій, травм або впливу на небезпечні середовища. Автоматизовані системи, такі як інфрачервоні камери або теплові датчики, можуть бути використані для постійного моніторингу умов температури в цих середовищах та надавати попередження про будь-які відхилення від безпечних параметрів роботи.

в. Безпілотні системи: Автоматизація безконтактного вимірювання температури може бути інтегрована в безпілотні системи, такі як роботи або дрони, для забезпечення моніторингу температури в складних або недоступних місцях. Ці системи можуть бути обладнані спеціалізованими датчиками або камерами, які здатні збирати дані про температуру віддалено. Безпілотні системи

можуть переміщатися по складних або небезпечних середовищах, таких як вузькі простори, підвісні конструкції або місця з екстремальними температурами, щоб отримати інформацію про температуру без небезпеки для людей. Це дозволяє здійснювати ефективний моніторинг, профілактичний ремонт та оптимізацію продуктивності в областях, до яких в іншому випадку було б складно або небезпечно отримати доступ.

Автоматизація безконтактного вимірювання температури в віддалених та небезпечних середовищах підвищує безпеку, дозволяє моніторити в режимі реального часу, забезпечує профілактичний ремонт та зменшує ризики, пов'язані з присутністю людей. Це забезпечує збір, аналіз та вжиття заходів з контролю температури вчасно, сприяючи загальній ефективності та безпеці у цих галузях промисловості.

					<i>ДПБ.ПК-91.03.1760.03.000 ПЗ</i>	Арку
						36
<i>Зм.</i>	<i>Аркцш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Розробка функціональної схеми

Була розроблена функціональна схема (рис. 2.1).

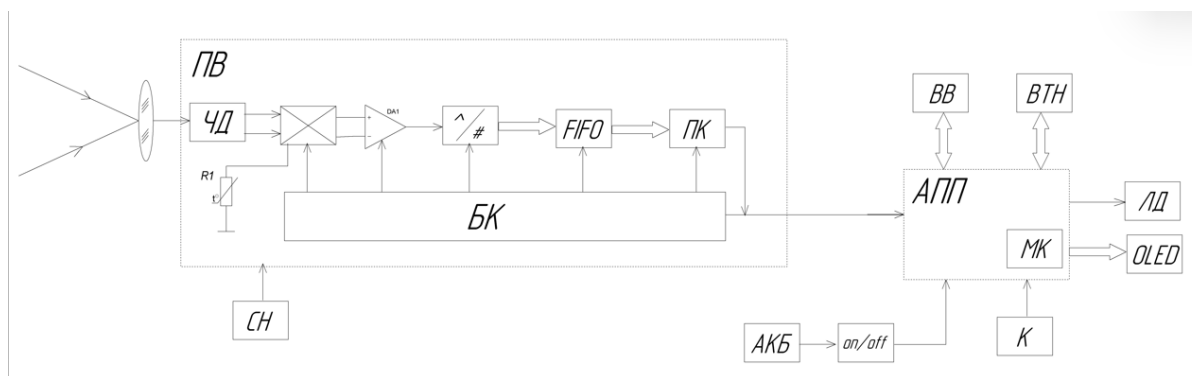


Рис. 2.1 – Функціональна схема

У схемі на рис.2.2 ПВ – приймач випромінювання; ЧД – чутливий датчик; FIFO – пам'ять; ПК - перетворювач паралельного коду в послідовний; БК – блок керування; СН – стабілізатор напруги; АПП – апаратно-програмна платформа; МК – мікроконтролер; ВВ – вимірювач відстані; ВТН – Bluetooth модуль; АКБ – акумулятор; on/off – кнопка ввімкнення приладу; К – кнопка керування приладу, ЛД – лазерний діод.

Прилад розпочинає роботу після замикання кнопки ввімкнення приладу(on/off). Живлення поступає на вхід мікроконтролера, після чого живить всі необхідні елементи і в першу чергу через стабілізатор напруги(СН) живить приймач випромінювання(ПВ). Але датчик буде у режимі очікування, доки вимірювач відстані(ВВ) не дасть сигнал про оптимальну відстань для вимірювання. Якщо умови були виконані, то першим кроком інфрачервоне випромінювання від об'єктів, що знаходяться перед датчиком, через оптичну систему потрапляє на приймач випромінювання, який містить чутливу матрицю детектора(ЧД). Інфрачервоне випромінювання за допомогою матричного детектора конвертується в електрорушійну силу, яка виникає в електричному ланцюзі, що складається з декількох провідників, контакти між якими мають різні температурні показники(ефект Зеєбека). Після цього сигнал потрапляє на

Зм.	Архив	№ докум.	Підпис	Дата
-----	-------	----------	--------	------

ДПБ.ПК-91.03.1760.03.000 ПЗ

операційний підсилювач, який узгодить напругу яка надходить з датчика з напругою АЦП. Далі підсилений аналоговий сигнал надходить на АЦП та конвертується в цифровий. Сигнал потрапляє на мікропроцесор пам'яті(FIFO), на якому впорядковується цифровий код та накопичується. Далі сигнал перетворюється з паралельного коду в послідовний та покидає приймач випромінювання. Усі ці процеси контролюються блоком керування(БК) самого датчика.

Після всіх вище описаних процесів сигнал надходить до апаратно-програмної платформи(АПП) яка містить мікроконтролер який має вбудований АЦП. Він оцифровує сигнал та передає його на (OLED) дисплей та, якщо замкнена кнопка керування приладу, Bluetooth модуль(BTH), який в свою чергу передає інформацію на телефон. Для прицілювання вимірювача температури використовується слабкий лазерний діод(ЛД).

2.2 Теплові розрахунки

Усі тіла, температура яких відмінна від абсолютного нуля, є джерелами інфрачервоного випромінювання. Характер випромінювання залежить від агрегатного стану речовини. У більшості твердих тіл розподіл енергії випромінювання по спектру має такий же характер, як і в абсолютно чорного тіла (АЧТ). Такі тіла називають «сірими». Вони характеризуються тим, що відношення їхньої енергетичної світності до енергетичної світності АЧТ, що має таку ж температуру, не залежить від довжини хвилі й називається коефіцієнтом теплового випромінювання (КТВ).

Температурний діапазон – $-70 - 380^{\circ}\text{C}$.

$$T_{\min} = -70 + 273.15 = 203.15 \text{ K};$$

$$T_{\max} = 380 + 273.15 = 653.15 \text{ K};$$

Спектральний діапазон довжин хвиль $5,5 \dots 14 \text{ мкм}$.

За формулою, в основу якої покладено закон Віна, визначимо довжину хвилі, яка відповідає максимуму спектральної густини енергетичної світності:

$$\lambda_M = \frac{C}{T_{\max}}$$

					ДПБ.ПК-91.03.1760.03.000 ПЗ	Арку
						38
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Де $C = 2898$ мкм·К;

Для верхньої температури:

$$\lambda_{M_{\max}} = \frac{2897,8}{653,15} = 4,43 \text{ мкм.}$$

Для нижньої температури:

$$\lambda_M = \frac{C}{T} = \frac{2897,8}{203,15} = 14,26 \text{ мкм.}$$

Далі розрахуємо безрозмірний коефіцієнт за формулою : $X_\lambda = \frac{\lambda}{\lambda_M}$

Для верхньої границі спектрального діапазону верхньої температури:

$$X_{\lambda_1} = \frac{14}{4,43} = 3,16;$$

Для нижньої границі спектрального діапазону верхньої температури:

$$X_{\lambda_1} = \frac{5,5}{4,43} = 1,24;$$

Для верхньої границі спектрального діапазону нижньої температури:

$$X_{\lambda_2} = \frac{14}{14,26} = 0,982;$$

Для нижньої границі спектрального діапазону нижньої температури:

$$X_{\lambda_1} = \frac{5,5}{14,26} = 0,38;$$

За таблицею відносних значень спектральної густини енергетичної світимості знаходимо відносні значення спектральної густини.

$$Z(3,16) = 0,8996$$

$$Z(1,24) = 0,4031$$

$$Z(0,982) = 0,2374$$

$$Z(0,38) = 9,210 \cdot 10^{-4}$$

Розрахуємо енергетичну світимість АЧТ за законом Стефана-Больцмана

$$M_e = \sigma \cdot T^4, \text{ де } \sigma = 5,6697 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4} - \text{постійна Стефана-Больцмана}$$

Для верхньої температури:

$$M_{e_{\max}} = 5,6697 \cdot 10^{-8} \cdot 653,15^4 = 1,0318 \cdot 10^4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

Для нижньої температури:

$$M_{e\min} = 5,6697 \cdot 10^{-8} \cdot 203,15^4 = 96,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

За формулою $M_e = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 (Z(X_{\lambda_2}) - Z(X_{\lambda_1}))$, розраховуємо енергетичну світимість в заданому спектральному інтервалі:

Для верхньої температури:

$$M_{e(5,5;14)\max} = 0,8 \cdot 1,0318 \cdot 10^4 (0,8996 - 0,4031) = 4098 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2},$$

Для нижньої температури:

$$M_{e(5,5;14)\min} = 0,8 \cdot 96,7 \cdot (0,2374 - 9,210 \cdot 10^{-4}) = 18,29 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2},$$

2.3 Розрахунок об'єктиву

Перед початком розрахунку лінзи потрібно визначитися з матеріалом для неї. Оскільки різний матеріал має різну пропускну здатність і для нашого діапазону 5,5-14 мкм чудово відходить Цинк-Сульфід що має пропускну здатність 1-14 мкм.

Також нам потрібно розрахувати необхідний кут поля зору для роздільної здатності 100:1. Для цього ми поділимо $100/1 = 0,01$. Потім розділимо на 2, отримавши 0,005, та взявши $\arctg(0.005) = 0,29^\circ$. Отже кут поля зору $\omega = 0,29^\circ$.

Діаметр апертури рівний 10 мм.

Проведемо моделювання лінзи в програмі Zemax та, провівши аналіз моделі, підберемо оптимальну конструкцію лінзи для того, щоб розмір світлового пучка був максимально приближений до діаметру чутливої матриці датчика MLX90614 який рівний 0,56 мм. Лінза фокусує падаюче на неї теплове випромінювання від об'єкту на приймач, який розташований на відстані 41.930 мм від самої лінзи.

Тип поверхності	Коментарий	Радіус	Толщина	Стекло	Полудіаметр	Конич. пост.
OBJ	Стандартная	бесконечность	бесконечность		бесконечность	0.000
STO	Стандартная	AD	5.000		5.000	0.000
2	Стандартная	21.780	3.000	ZNS_IR	5.028	0.000
3	Стандартная	33.570	39.930		4.692	0.000
4*	Стандартная	PD	бесконечность		0.655	0.000
IMA	Стандартная	бесконечность	-		0.472	0.000

Рис. 2.2 – Конструктивні параметри оптичної системи пірометра в Zemax

Модель оптичної системи, яку було отримано у ході розрахунків має наступний вигляд (рис. 2.3).

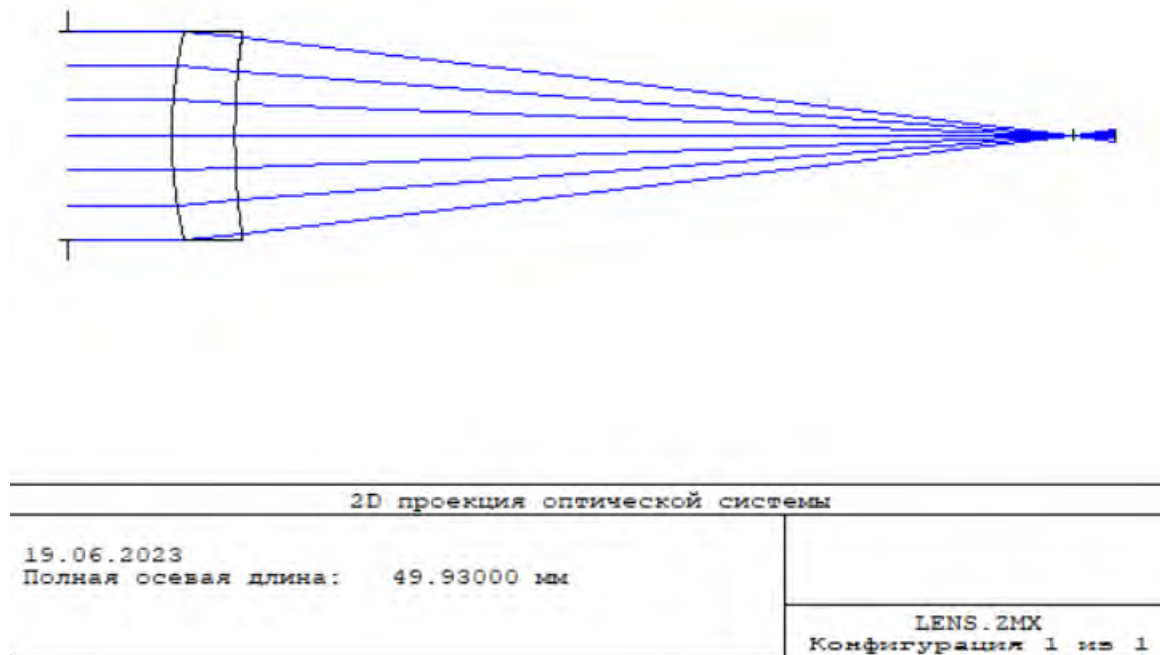


Рис. 2.3 – 3-Д модель оптичної системи пірометра

Також програма дає змогу отримати тіньову модель оптичної системи, що продемонстрована на рисунку 2.4.

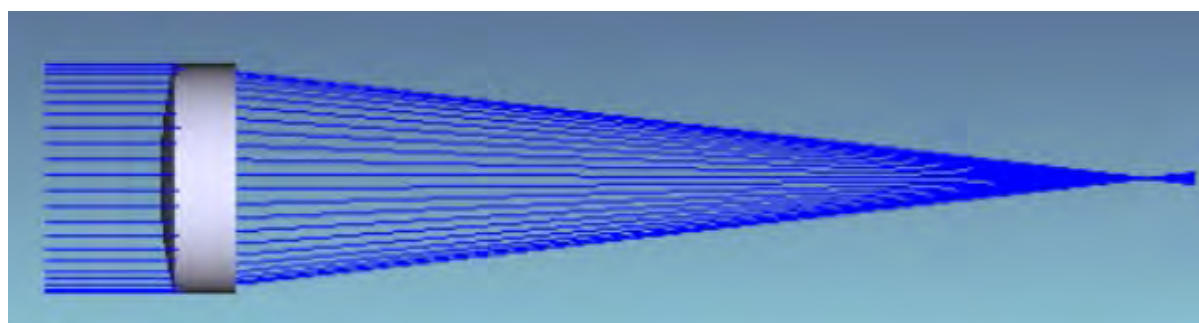
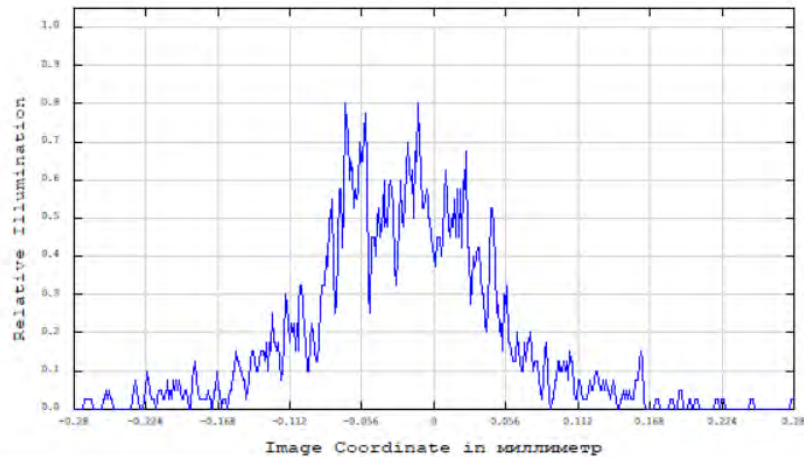


Рис. 2.4 – Тіньова модель оптичної системи пірометра

Зробимо оцінку залежності рівня концентрації теплового випромінювання від розміру ділянки чутливої матриці приймача, на яку потрапляє світловий пучок. Графік залежності наведено на рисунку 2.5.



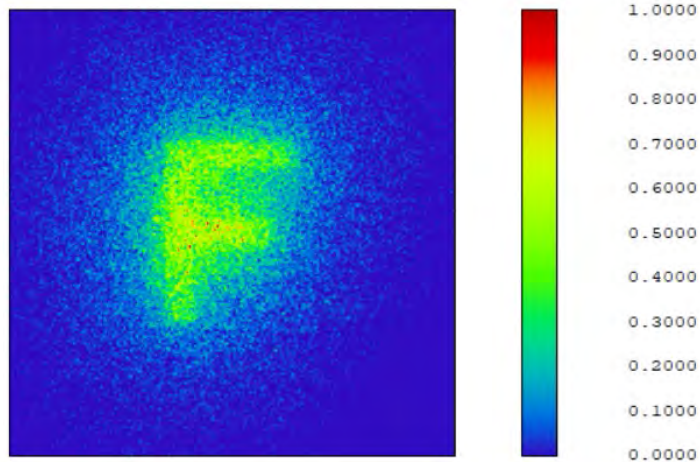
Relative Illumination, X-Scan

19.06.2023
 Wavelength: Polychromatic
 Efficiency: 0.7820

LENS.ZMX
 Конфигурація 1 из 1

Рис. 2.5 – Графік фокусування світлового пучка на матрицю приймача

Також для більш широкої демонстрації розсіювання світлового пучка на ділянці чутливої матриці приймача побудуємо площину з колірним представлення інтенсивності. Результат побудови продемонстровано на рисунку 2.6.



Relative Illumination, 2D Surface

19.06.2023
 5.5000 to 14.0000 μm at 0.0000 (град).
 Side is 0.5600 мм, 512 by 512 pixels.
 Efficiency: 0.7820

LENS.ZMX
 Конфигурація 1 из 1

Рис. 2.6 – Діаграмі інтенсивності випромінювання

З графіку фокусування теплового випромінювання на приймач та діаграми інтенсивності випромінювання випливає, що рівень ефективності обраної оптичної системи складає 78,20 %.

Це чудовий показник ефективності, оскільки на всю матрицю потрапляє світловий пучок, і не залишається місця для шумів, тобто вони просто розсіюються за межами датчика. В цей самий час компенсувати недостаючу ефективність ми зможемо компенсувати в апаратно-програмному модулі, домноживши виміри температури на коефіцієнт, визначений за формулами.

На основі проведених розрахунків та отриманих кінцевих результатів, можна сказати, що змодельована оптична система є достатньо ефективною. Завдяки такій системі нам вдасться побудувати компактний та достатньо точний прилад.

					<i>ДПБ.ПК-91.03.1760.03.000 ПЗ</i>	Арку
						43
<i>Зм.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 3. ПІДБІР КОМПОНЕНТІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ

3.1 Вибір інфрачервоного датчика

MLX90614 генерує два вимірювання температури: температури об'єкта та температури навколишнього середовища. Температура об'єкта - це безконтактне вимірювання, яке "спостерігається" з датчика, тоді як температура навколишнього середовища вимірює температуру на матриці датчика. Температура навколишнього середовища може бути використана для калібрування даних, але те, що нам дійсно потрібно, виходить з вимірювання температури об'єкта.

Оскільки йому не потрібно торкатися вимірюваного об'єкта, він може відчувати більш широкий діапазон температур, ніж більшість цифрових датчиків: вимірювання температури об'єкта коливаються від -70 до 382,2 ° C, в той час як вимірювання температури навколишнього середовища коливаються від -40 до 125 ° C. Як температура навколишнього середовища, так і температура об'єкта мають роздільну здатність 0,02 ° C зі стандартною точністю 0,5 ° C навколо кімнатних температур. Будову датчика наведено на рисунку 3.1.

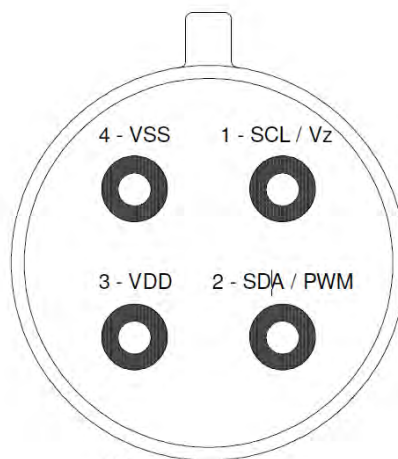


Рис.3.1 - Будова датчика MLX90614

Ніжки, що використовуються:

1 – SCL/ Vz - тактовий цифровий вхід для SMBus сумісних комунікацій. Його можна використовувати ще і для реалізації зовнішнього регулятора живлення.

2 – SDA/PWM - цифровий вхід / вихід, що використовується для широко імпульсної модуляції температури вимірюваного об'єкта контролю або може бути використаний як цифровий вхід / вихід для SMBus сумісних комунікацій.

3 - VDD – контакт для підключення живлення в діапазоні 3.3V або 5V.

4 – VSS – контакт для підключення землі до даної датчику.

3.2 Підбір стабілізатора напруги

Серія XC6206 — це високоточні стабілізатори позитивної напруги з низьким енергоспоживанням, високою напругою, виготовлені з використанням технології CMOS і лазерного обрізання. Серія забезпечує великі струми зі значно малим падінням напруги. XC6206 складається зі схеми обмежувача струму, драйверного транзистора, прецизійної опорної напруги та схеми корекції помилок.

Серія сумісна з керамічними конденсаторами з низьким ESR. Схема відкидання обмежувача струму також працює як коротке замикання, щоб захистити обмежувач вихідного струму та вихідний штифт. Вихідна напруга може регулюватися внутрішньо за допомогою технологій лазерного підрізання. Його можна вибрати з кроком 0,1 В у діапазоні 1,2 В-5,0 В. Типову схему підключення мікросхеми продемонстровано на рисунку 3.2.

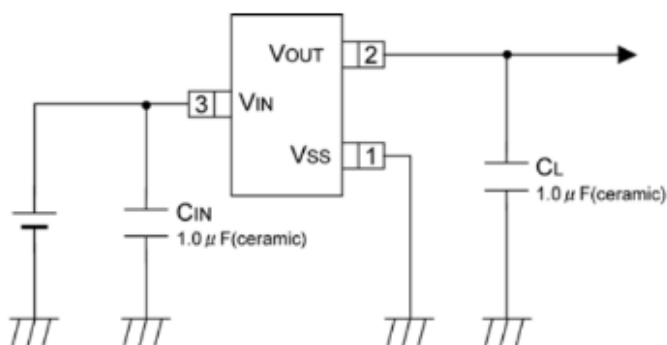


Рис. 3.2 – Схема підключення XC6206

Зм.	Аркцш	№ докум.	Підпис	Дата

ДПБ.ПК-91.03.1760.03.000 ПЗ

3.3 Вибір мікроконтролера

Arduino Pro mini - це невелика плата Arduino на базі ATmega328P або мікроконтролера. Можливості підключення та функціональність такі ж, як і у інших плат Arduino. Його віддають перевагу просунуті користувачі для більшої гнучкості та невеликих розмірів. В основному він використовується в проектах компактних розмірів через невеликі розміри.

Плата буває різних варіантів. Якщо ми хочемо використовувати робочу напругу 3.3 В, нам потрібно використовувати плату Arduino Pro Mini 3.3V.

Технічні характеристики Arduino Pro Mini наведені нижче:

- Кристалічний генератор поставляється з частотою 8 МГц.
- Має всього один регулятор 3,3В.
- Поставляється з вбудованим світлодіодом. Світлодіод буде блимати тільки тоді, коли ми запусимо програму.
- Є 8 аналогових контактів.
- Існує 14 цифрових контактів вводу-виводу, які складаються з 6 контактів ШІМ (широтно-імпульсна модуляція).
- Вхідна напруга від 5В до 12В

Плата Arduino Pro Mini з позначеними входами та виходами наведено на рисунку 3.3

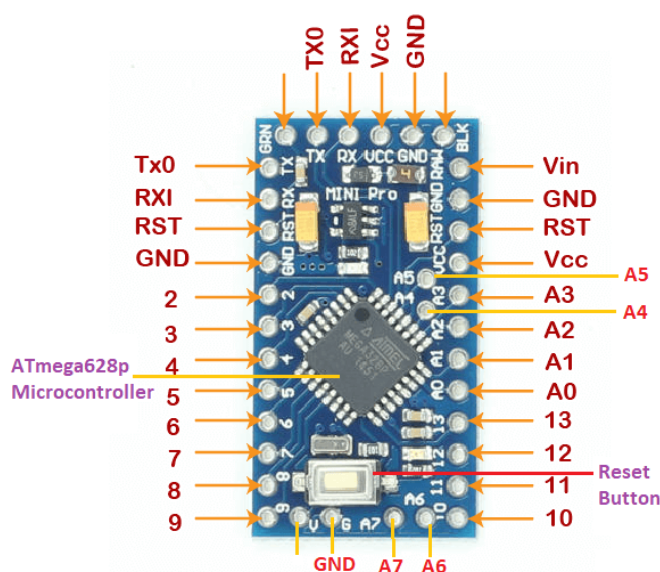


Рис. 3.3 - Arduino Pro Mini

Опис контактів наведено нижче:

- На платі Pro Mini присутні три контакти GND (Ground).
- Контакти Tx0 і RX1 використовуються для послідовного зв'язку. Ці два контакти також можна використовувати як цифрові контакти вводу-виводу. Контакт Tx0 використовується для передачі даних.
 - RX1 - це контакт зв'язку, який використовується для прийому даних.
 - RST - Він використовується для додавання кнопки Reset до з'єднання.
 - Vcc - Це регульована напруга 3,3В. Ми також можемо регулювати напругу 5 В залежно від версій плати.
 - Vin - це штифт вхідної напруги, який подається під час використання зовнішнього джерела живлення.
 - A0, A1, A2, A3, A4, A5, A6 і A7 є аналоговими контактами. Дозвіл аналогових контактів - 10 біт. Вищевказані 8 аналогових контактів використовуються в якості аналогових входів в платі Arduino Pro Mini.
 - Піни від 2 до 13 – це цифрові контакти вводу-виводу

3.4 Вибір Bluetooth модуля

Часто в проектах виникає необхідність в віддаленому управлінні або передачі даних з телефону або іншого пристрою. Одним з найпопулярніших і зручних способів є обмін даними через Bluetooth. Інтерфейс UART (послідовний) використовується для зв'язку між платою Arduino та комп'ютером. Оскільки будь-яка плата Arduino має як мінімум 1 послідовний порт UART, для підключення модуля Bluetooth не потрібні спеціалізовані бібліотеки і схеми.

Найбільш популярними модулями є пристрої на базі чіпа HC417. Ця серія називається HC. Ми оберемо датчик HC-06.

Опис ніжок наведено нижче та проілюстровано на рисунку 3.4.

- VCC, GND – плюс і мінус блок живлення;
- RX і TX – приймач і передавач;
- MCU-INT – відображає статус;

•Clear (Скидання) – скидання і перезавантаження модуля. Останні два штифта зазвичай в роботі не задіяні, тому зараз модулі випускаються без цих контактів.

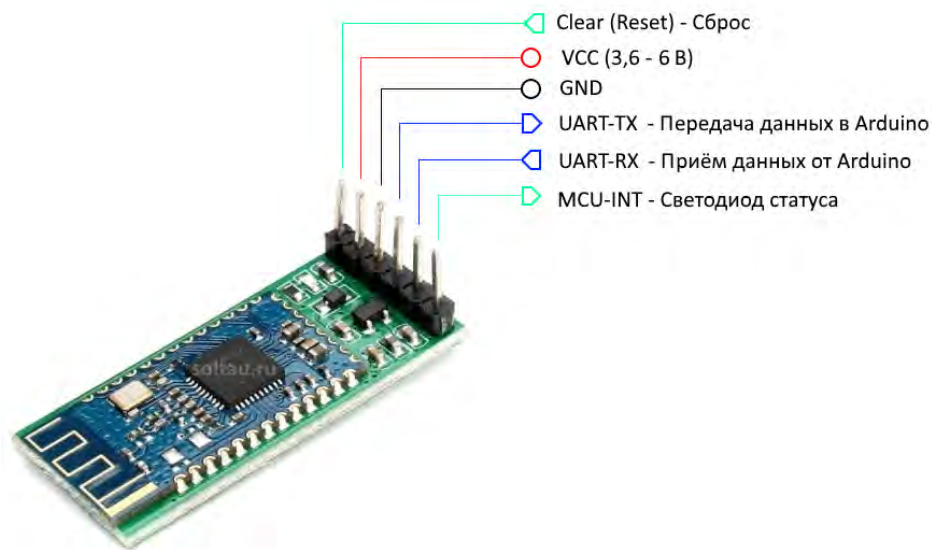


Рис. 3.4 - HC-06

3.5 Вибір датчика вимірювання відстані

HC-SR04 - це доступний і простий у використанні датчик вимірювання відстані, який має діапазон від 2 см до 400 см (приблизно дюйм до 13 футів).

Датчик складається з двох ультразвукових перетворювачів. Один з них - передавач, який виводить ультразвукові звукові імпульси, а інший - приймач, який слухає відбиті хвилі. В основному це гідролокатор, який використовується на підводних човнах для виявлення підводних об'єктів.

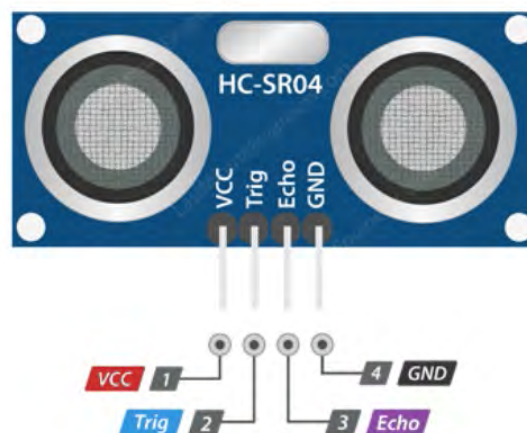


Рис. 3.5 - HC-SR04

Датчик має 4 контакти. VCC і GND переходять на контакти 3V і GND на Arduino, а Trig і Echo йдуть на будь-який цифровий контакт Arduino. За допомогою штифта Trig посилаємо ультразвукову хвилю від передавача, а штифтом Echo приймаємо відбитий сигнал.

3.6 Вибір дисплею

OLED розшифровується як «Organic Light emitting diode», що перекладається як органічний світлодіод, або, більш коротко, органічний світлодіод. OLED-дисплеї для радіоаматорів виготовляються за тією ж технологією, що і більшість сучасних телевізорів, але мають набагато менше пікселів в порівнянні з ними. Але пристрої на їх основі (в тому числі і використовують Arduino) виглядають приголомшливо.

У нашому проекті ми будемо використовувати монохромний 7-контактний OLED-дисплей SSD1306 0.96". Причина, чому ми вибрали цей дисплей, полягає в тому, що він може працювати з трьома різними протоколами зв'язку, трипровідним режимом SPI (послідовний периферійний інтерфейс), чотирипровідним режимом SPI та режимом ІС.

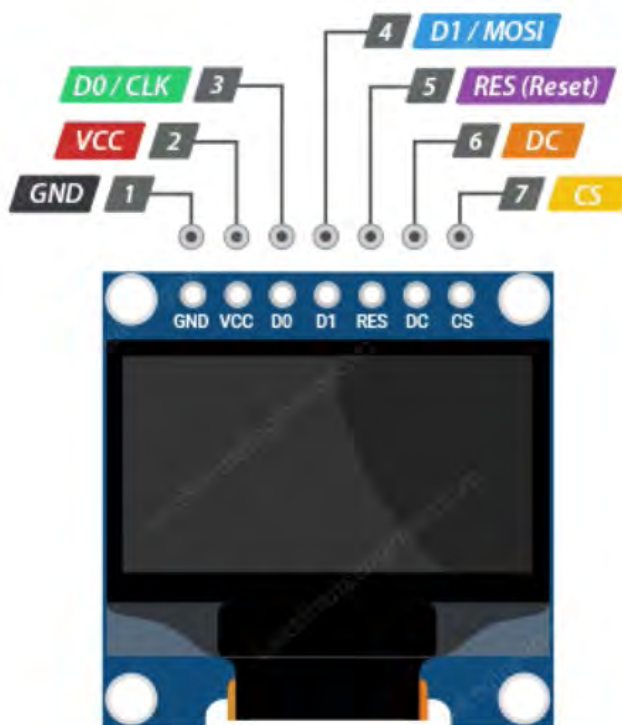


Рис. 3.6 - SSD1306

Зм.	Архцш	№ докум.	Підпис	Дата

ДПБ.ПК-91.03.1760.03.000 ПЗ

Таблиця 3.1 – Опис пінів SSD1306

№	Назва	Альтернативна назва	Призначення контакту
1	GND	Ground	Земля
2	VCC	Vcc, 5V	Напруга живлення (в діапазоні 3-5 В)
3	SCK	D0, SCL, CLK	Штифт синхронізації (штифт годинника). Він використовується в інтерфейсах I2C і SPI
4	SDA	D1, MOSI	Контактні дані. Він використовується в інтерфейсах I2C і SPI
5	RES	RST, RESET	Скидання штифта модуля. Використовується в інтерфейсі SPI
6	DC	A0	Закріплення команди "Дані". Використовується в інтерфейсі SPI
7	CS	Вибір чіпа	Використовується, коли кілька пристроїв спілкуються через інтерфейс SPI;

ВИСНОВОК

В ході виконання проекту було проведено аналіз принципів роботи пірометрів, класифікацію безконтактних промислових термометрів, а також обґрунтовано потребу в автоматизації процесу безконтактного вимірювання температури.

Автоматизація безконтактного вимірювання температури є необхідною з точки зору точності, безпеки, ефективності та можливості використання у віддалених та небезпечних середовищах. Завдяки автоматизованим системам безконтактного вимірювання температури, досягається висока точність і повторюваність результатів, що сприяє якості продукції та процесу контролю. Безконтактний характер вимірювання дозволяє уникнути контакту з гарячими або небезпечними об'єктами, забезпечуючи безпеку операторів та зменшуючи ризик аварійних ситуацій.

Автоматизовані системи безконтактного вимірювання температури також сприяють підвищенню ефективності виробничих процесів, оскільки забезпечують постійний моніторинг температури в реальному часі та дозволяють швидко реагувати на зміни. Це сприяє попередженню відхилень, оптимізації параметрів процесів та підвищенню продуктивності. Крім того, автоматизація безконтактного вимірювання температури дозволяє використовувати цю технологію в віддалених або небезпечних середовищах, де доступ людини є обмеженим або небезпечним.

Отже, розробка та впровадження автоматизованих систем безконтактного вимірювання температури має великий потенціал для різних галузей промисловості. Вона сприяє поліпшенню точності, безпеки та ефективності процесів, що відображається в підвищенні якості продукції та зниженні витрат. З ростом технологій і розвитком індустрії, автоматизовані системи безконтактного вимірювання температури матимуть все більше застосувань та стануть необхідним елементом сучасного промислового середовища.

					ДПБ.ПК-91.03.1760.03.000 ПЗ	Арку
						51
Зм.	Аркцш	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1]. Наконечна А. В. Аналіз методів пірометрії та актуальність їх застосування / А. В. Наконечна // Ефективність та автоматизація інженерих рішень у приладобудуванні. – 2020. – С. 218–221
- [2]. Протасов, А. Г. Технології теплового неруйнівного контролю / А. Г. Протасов, Ю. Ю. Лисенко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 133 с
- [3]. І. Білокур, Основи дефектоскопії, Київ: Азимут-Україна, 2004.
- [4]. В. Петрик и О. Кустовський, «Бездротова передача даних у неруйнівному контролі,» в Сучасні прилади, матеріали і технології для НК і ТД машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання, Івано-Франківськ, 2008.
- [5]. Р. Галаган и А. Момот, «Аналіз методів цифрової обробки термограм,» Вісник Київського політехнічного університету.Серія приладобудування, № 55, pp. 108-117, 2018.
- [6]. Галаган Р.М. Модель восстановления серии изображений из смазанного изображения для решения задачи высокоточного измерения диаметра и температуры излучающих объектов / Р.М. Галаган, А.В. Муравьев, А.С. Томашук // Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп'ютерних технологій (матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції), 2019. – С. 169-171
- [7]. Бабич О.О. Визначення безконтактних методів вимірювання температури нагрітих тіл / О.О. Бабич, Н.М. Александрова // Системи озброєння і військова техніка. – 2011. – № 1. – С. 69-71.
- [8]. Брао І. Аналіз проблематики та перспективних напрямів розвитку безконтактної термометрії [Текст] / І. Брао // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2014. – Вип. 75. – С. 40-44
- [9]. . Наконечна А. В. Автоматизований пірометричний контроль температури на ливарно-прокатному виробництві / А. В. Наконечна //

Ефективність та автоматизація інженерих рішень у приладобудуванні. – 2020. – С. 222–224.

[10]. . Поліщук В.М. Фотометрія: конспект лекцій / В.М. Поліщук. – Харків: ХНАМГ, 2008. – 147 с.

[11]. Protasov A. Application of FEMLAB Software for Simulation of the Thermal Method for Nondestructive Testing. / A. Protasov // American Society for Engineering Education. Annual conference and Exposition. Austin, Texas, USA. June 14-17 2009, pp. 182-191

[12]. Брао І. Аналіз проблематики та перспективних напрямів розвитку безконтактної термометрії [Текст] / І. Брао // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2014. – Вип. 75. – С. 40-44

[13]. Бабич О.О. Визначення безконтактних методів вимірювання температури нагрітих тіл / О.О. Бабич, Н.М. Александрова // Системи озброєння і військова техніка. – 2011. – № 1. – С. 69-71.

[14]. Стадник В.Й. Оптика: навч. посібн. – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2008. – 360 с.

[15]. Сторожик Д.В. Автоматизація процесу теплового неруйнівного контролю шляхом застосування методу комплексування термограм. /Д.В. Сторожик, А.Г. Протасов, О.В. Муравйов, В.Ф. Петрик, Д.В. Петренко/ Технічна діагностика і неруйнівний контроль, 2022, №2, стор. 20-23. <https://doi.org/10.37434/tdnk2022.02.03>