

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ОБ'ЄКТІВ

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Розглянуто різні методи і засоби вимірювання температури об'єктів, принцип дії дистанційного вимірювання температури (за відстанню), основні правила вимірювання температури та помилки, які виникають під час проведення вимірювань. Досліджено метод вимірювання температури за відстанню, який дозволяє виміряти температуру з найбільшою точністю, з використанням ефективніших дій і засобів при виконанні вимірювання.*

**Ключові слова:** температура об'єктів, безконтактні методи, відстань, термометрія.

### *Abstract*

*Different methods and means of measuring the temperature of objects, the principle of the remote temperature measurement (by distance), the basic rules of temperature measurement and errors that arise during the measurement are considered. The method of measuring the temperature over distance, which allows to measure the temperature with the greatest accuracy, with the use of more efficient actions and means while performing the measurement is investigated.*

**Keywords:** temperature of objects, contactless methods, distance, thermometry.

### **Вступ**

В сучасному світі не можливо обійтися без системи контролю і управління температурою об'єктів. Як показує практика, з розвитком різноманітних галузей та автоматизованих систем все більше постала проблема контролю стану параметрів технічного устаткування, тобто постійний контроль режимів його роботи. Найбільш впливаючим і важливим параметром на технологічний процес є температура. Своєчасна інформація про температурний стан є запорукою конкурентоспроможності та собівартості. Тому точність, з якою буде виміряна температура об'єктів, має важливе значення. Це говорить про необхідність постійного пошуку шляхів покращення відомих та створення нових методів та засобів вимірювання температури з високими метрологічними та експлуатаційними характеристиками. Специфічні умови вимірювання температури об'єктів та складність їх реалізації привели до появи цілої низки методів вимірювання.

Тому по сьогоднішній день існує ряд суттєвих невирішених проблем, вирішення яких дало б можливість підвищити точність та метрологічну надійність засобів вимірювання температури. Актуальним є дослідження вимірювання температури за відстанню, а також розробка основних правил вимірювання температури та уникнення помилок під час проведення вимірювань.

Метою роботи є визначити найбільш ефективніші і оптимальні підходи та засоби вимірювання температури об'єктів, а саме розглянути і дослідити метод вимірювання температури за відстанню та використати певні дії для точності проведення вимірювання, що дозволить своєчасно запобігати виходу з ладу технічного устаткування та контролювати його.

### **Основна частина**

Вибір методу вимірювання температури залежить від діапазону вимірюваних температур, необхідної точності, ступеню автоматизації процесу, швидкодії, тощо.

В діапазоні низьких і середніх температур використовуються зазвичай контактні методи вимірювання, в якості первинних перетворювачів у такому випадку використовуються термометри опору і термоелектричні перетворювачі, якщо ж автоматизація не є обов'язковою можуть використовуватись інші види термометрів (скляні, барометричні та ін.). Для вимірювання високих температур використовуються безконтактні методи вимірювання, для цього використовують пірометри і тепловізори.

Використання безконтактних засобів дозволяє проводити вимірювання температури рухомих об'єктів, об'єктів які встановлені у важкодоступних місцях, дозволяє запобігти пошкодженню засобів вимірювання при вимірюванні високих температур. Основними перевагами безконтактних методів вимірювання є: висока швидкість, можливість вимірювання температури без відключення об'єкту і зупинки процесу виробництва, забезпечення безпеки персоналу, можливість вимірювання температури у діапазоні до 3000 °С. У випадку коли необхідно виміряти температуру мікроскопічних об'єктів, теплоємність яких є досить малою, безконтактний спосіб вимірювання дозволяє уникнути похибок температури, які вносяться контактним засобом.

Пірометр – засіб для вимірювання температури за тепловим випромінюванням об'єкта, призначений для відображення значення температури на екрані приладу або перетворення її в аналоговий чи цифровий сигнал. Такий прилад може вимірювати температуру кругової ділянки, що обмежена полем зору приладу і показувати середнє значення температури у цій ділянці. Поле пірометра залежить від оптичного дозволу та відстані до об'єкту. Відповідно, керуючи цими двома параметрами, можна провести виміри температури, як елемента електронної схеми, так і середньої температури поверхні промислового котла.

Тепловізор – засіб вимірювання температури за тепловим випромінюванням об'єкта, призначений для визначення значень температури та перетворення їх у візуальну картину розподілення теплових полів на поверхні об'єкта. Тепловізор дозволяє отримати узагальнену інформацію, тобто теплову картину певної області і конкретні значення температури відповідного об'єкту розмір якого не менше елементарної комірки поля зору приладу.

Основними недоліками безконтактних методів є – залежність показників від відстані до об'єкту вимірювань, відбиваючих властивостей поверхні, від випромінювання, що прямо не потрапляє у поле зору пірометра. Основними недоліками пірометричних вимірювань температури є важкість повного врахування зв'язків між термодинамічною температурою об'єкту і тепловою радіацією, яку реєструє пірометр.

Основні фактори, які впливають на точність вимірювань пірометром:

1. Між пірометром і об'єктом не повинно бути непрозорих перешкод, що знаходяться у робочій області спектру пірометра, інакше в результаті зменшення потоку випромінювання показники приладу будуть занижені.
2. Пірометром може бути виміряна тільки температура поверхні об'єкту, вимірювання внутрішньої температури можливе лише шляхом порушення його цілісності.

Існує ряд технологічних процесів, коли застосування контактних датчиків не є можливим, у таких випадках застосування пірометрів – єдиний можливий засіб контролю температури (наприклад коли необхідно заміряти температуру від 1800 до 3000°С).

Функціональні можливості пірометрів дозволяють крім поточного значення температури фіксувати максимальну та мінімальну температуру об'єкта, їх різницю, а також середню температуру за проміжок часу. Наявність цифрового інтерфейсу у пірометрів дозволяє налаштувати прилад і контролювати значення температури безпосередньо з персонального комп'ютера. Спеціальне програмне забезпечення дозволяє створювати звіти у вигляді графіків і формувати з них бази даних.

Існує кілька видів пірометрів: радіаційні, яскравісні і колірні.

Радіаційний пірометр працює наступним чином: радіаційний потік відбивається дзеркалом та фокусується на терморезистор, нагріваючи його. Недоліком усіх радіаційних пірометрів є те, що їхні показники визначаються не тільки температурою вимірюваної поверхні, а й її відбиваючими властивостями.

Яскравісні пірометри представляють собою прилади для порівняння у вузькій ділянці спектру яскравості об'єкту з яскравістю вірцевого випромінювача у вигляді температурної лампи розжарювання.

Колірні пірометри мають в основі відношення інтенсивності випромінення при двох довжинах хвиль, які обираються зазвичай у червоній і синій областях спектру. Температура, що вимірюється колірними пірометрами, називається кольоровою температурою тіла, і якщо коефіцієнти неповноти випромінення для обох вибраних хвиль співпадають між собою, то кольорова температура дорівнює істинній температурі тіла. Це є однією з переваг колірних пірометрів. Крім того їхні покази принципово не залежать від відстані до об'єкту вимірювання від поглинання радіації у середовищі, яке наповнює цю відстань, якщо коефіцієнти поглинання однакові для обох хвиль. Недоліком таких пірометрів є їхня відносна складність.

При контактному методі чутливий елемент вимірювача температури знаходиться безпосередньо в середовищі, температура якого вимірюється.

Вимірювання температури контактними методами засновано на використанні термометрів розширення і вимірювальних установок, які складаються з первинних вимірювальних перетворювачів та вторинних електровимірювальних приладів. Залежно від конструкції і системи відчиту термометри розширення поділяються на: термометри скляні, рідинні і манометричні термометри. Принцип дії термометрів розширення ґрунтується на залежності об'єму заповнювача чутливого елемента термометра від температури. Покази скляних рідинних термометрів відчитуються по шкалі за величиною стовпчика робочої рідини в капілярній трубці термометра.

Волюметричний метод вимірювання температури полягає у перетворенні, зміні об'єму заповнювача як функції температури у зміну паралельного тиску, що врівноважується силою пружної деформації, пружного елемента показчика вимірюваної температури.

Дилатометричний метод полягає у вимірювання температури за допомогою стрижневого і пластинчатого термометрів, дія яких заснована на відносному подовженні під впливом температури двох твердих тіл, що мають різні температурні коефіцієнти лінійного розширення. Дилатометричні термометри не дістали поширення як самостійні прилади, а використовуються головним чином як чутливі елементи в сигналізаторах температури. Крім того, пластинчасті термометри іноді застосовуються для компенсації впливу змінної температури навколишнього повітря на показання інших приладів, у які вони вбудовуються.

Термоелектричний метод вимірювання заснований на властивості металів і сплавів створювати термоелектрорушійну силу (термо-ЕРС), 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-ЕРС термометра від температури і визначаючи значення термо-ЕРС електровимірювальним приладом, можна знайти реальне значення температури в місці вимірювання. Прилади які працюють за таким принципом називаються термоелектричними термометрами. 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.

Метод вимірювання опору – як первинні вимірювальні перетворювачі температури використовуються термоелектричні перетворювачі (ТП) – термопари і термоперетворювачі електричного опору (ТО) – дротяні терморезистори та напівпровідникові термоперетворювачі опору (термістори).

Принцип дії термопари ґрунтується на використанні термоелектричного ефекту, сутність якого міститься у виникненні термоелектрорушійної сили (термо ЕРС) в колі, що складається з двох різнорідних провідників або напівпровідників – термоелектродів, якщо температура місця з'єднання електродів (так званого гарячого або робочого спаю) і температура вільних (холодних) кінців неоднакова.

Принцип дії термоперетворювачів опору ґрунтується на використанні властивості провідників чи напівпровідників змінювати свій електричний опір при змінюванні температури. Відповідно до Держстандарту дротяні терморезистори випускаються 2 типів: платинові (ТОП) і мідні (ТОМ). Температурні інтервали для ТОП (-100...+1300С), ТОМ (-100...+180С). Кількість типів термісторів досягає ста. Температурний діапазон для термісторів (-200...+300С).

Вихідними інформативними параметрами термоелектричних і терморезисторних перетворювачів є напруга і опір відповідно. Тому в парі з ТП і ТО як вторинні вимірювальні прилади використовуються прилади для вимірювання цих електричних величин. При цьому як правило вторинні прилади проградуировані з врахуванням функції перетворення вимірювального перетворювача в одиницях температури. В парі з термопарами використовуються мілівольтметри або автоматичні показуючі чи реєструючі потенціометри постійного струму. В парі з терморезисторними перетворювачами використовуються автоматичні вимірювані мости і потенціометри (компенсатори).

### Висновок

Встановлено, що серед розглянутих методів запропонований підхід вимірювання температури об'єктів за відстанню є найефективнішим, він дозволяє виміряти температуру об'єкта безконтактно і безпосередньо під час його роботи, не порушуючи його режиму. Також дозволяє вимірювати температуру від 100 до 6000 °С і вище та має одну з головних переваг – відсутність впливу вимірювання на температурне поле нагрітого тіла, тому що в процесі вимірювання вони не вступають у безпосередній контакт одне з одним. Відрізняється даний підхід від інших, простотою реалізації схеми, низькою вартістю, швидкістю, точністю та можливістю проведення вимірювання без втручання до роботи об'єктів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пошук шляхів підвищення метрологічної надійності засобів багатоканальної пірометрії [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://oaji.net/articles/2016/1872-1455725424.pdf>.
2. Переваги та недоліки безконтактного вимірювання температури [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.omsketalon.ru/downloads/articles/Help%20piro.pdf>.
3. Госсорг Ж. Инфракрасная термография. Основы, техника, применение: пер. с фр. / Ж. Госсорг. – М.: Мир, 1988. – 399 с.
4. Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювань температури. Безконтактні засоби вимірювання температури: ДСТУ 3194:2005. – [Чинний від 2005-02-28]. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 15 с

*Андрієвська Вікторія Віталіївна* – студентка групи 2КІ-18м, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [nichkavika96@gmail.com](mailto:nichkavika96@gmail.com);

Науковий керівник: *Гарнага Володимир Анатолійович* — канд. техн. наук, доцент кафедри ОТ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

*Andriyevska Victoria V.* — Department of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: [nichkavika96@gmail.com](mailto:nichkavika96@gmail.com);

Supervisor: *Garnaga Volodymyr A.* — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.