

## АВТОМАТИЗОВАНИЙ МОДУЛЬ БЕЗКОНТАКТНОГО ПІРОМЕТРА ДЛЯ ВИМІРУ ТЕМПЕРАТУР ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

**Стеценко К. В., Білов П. О.**

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

E-mail: kateryna.stetsenko@nure.ua; petro.bielov@nure.ua.

**Анотація:** На основі літературних даних і публікацій аналізується автоматизований модуль безконтактного пірометра для виміру температур потенційно небезпечних об'єктів.

**Ключові слова:** датчик, пірометр, схема, температура, електрорадіоелемент.

## AUTOMATED CONTACTLESS PYROMETER MODULE FOR MEASURING TEMPERATURES OF POTENTIALLY HAZARDOUS OBJECTS

**K. Stetsenko, P. Bielov**

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, pr. Nauki, 14

E-mail: kateryna.stetsenko@nure.ua; petro.bielov@nure.ua.

**Abstract:** On the basis of literature and publication, the automation of the module of a contactless pyrometer for the temperature range of potentially unsafe facilities is analyzed.

**Key words:** sensor, pyrometer, circuit, temperature, electric radio element.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Досить широкий спектр технологічних процесів є потенційно небезпечними; сторогоконтрольованими. Вимірювання та контроль температур потенційно небезпечних об'єктів на виробництві – це досить складна та часта проблема. Попри всю різноманітність існуючих вимірювачів температур і датчиків на виробництві виникають завдання, які не під силу сучасним термометрам. Обладнання і пристрої багатьох технологічних циклів і процесів не дозволяють установку контактних датчиків або приладів, що призначені для контролю температури промислового діапазону по ряду технічних причин, або установка і монтаж подібних датчиків і приладів є неможливою. Зважаючи на існування такої проблеми, виникає необхідність у розробці спеціальних безконтактних приладів, що дозволяють вимірювати температуру у важкодоступних, небезпечних місцях та на потенційно небезпечних об'єктах. Обрана тематика є актуальною та затребуваною.

За рахунок компактного портативного корпусу пірометри дозволяють дистанційно і швидко проводити заміри, залежно від налаштувань швидкості відображення результатів. Можна проводити виміри на безпечній відстані для людини в умовах технологічних процесів, що протікають при потенційно небезпечних умовах.

**ПРЕДМЕТНА ОБЛАСТЬ.** Пірометр – прилад для безконтактного вимірювання температури тіл. Принцип дії заснований на вимірюванні потужності теплового випромінювання об'єкта переважно в діапазонах інфрачервоного випромінювання і видимого світла. Пірометри бувають оптичними, радіаційними і колірними. Перші дозволяють здійснити візуальне порівняння кольору нагрітого тіла з кольором еталонної нитки, і таким чином визначити його температуру. Радіаційні перераховують потужність теплового випромінювання, і можуть вимірювати досить широкий спектр температур. Колірні порівнюють теплове випромінювання об'єкта в різних спектрах, і виробляють потім обчислення його температури, такі пірометри також відрізняються широким спектром вимірювання.

Пірометри застосовують для дистанційного визначення температури об'єктів в промисловості, побуті, сфері жилого комунального господарства, на підприємствах, де велике значення набуває контроль температур на різних технологічних етапах виробництва

(сталеливарна промисловість, нафтопереробна галузь). Пірометри можуть виступати в ролі засобу безпечного дистанційного вимірювання температур розпечених об'єктів, що робить їх незамінними для забезпечення належного контролю у випадках, коли фізична взаємодія з контрольованим об'єктом неможливо через високі температур. Їх можна застосовувати в якості тепло локаторів (вдосконалені моделі), для визначення областей критичних температур в різних виробничих сферах.

Всі пірометри можна розділити за наступними категоріями або ознаками: за принципом вимірювання пірометри бувають так звані – колірні пірометри, що дозволяють визначати температуру об'єкта, шляхом порівняння кольору з еталоном; радіаційні пірометри вимірюють температуру об'єкта за допомогою перерахунку потужності теплового випромінювання. Кольорові пірометри дозволяють робити висновок про температуру об'єкта, ґрунтуючись на результатах порівняння його теплового випромінювання в різних діапазонах.

За температурним діапазоном: низькотемпературні: пірометри цього типу здатні визначати негативні температури, при цьому діапазон позитивних температур може бути досить великим; високотемпературні: пірометри працюють в діапазоні високих температур і не здатні проводити виміри об'єктів з мінусовою температурою.

Пірометри містять в собі оптичні та електронні системи, які дозволяють вирішити практично будь-яку тепло вимірювальну проблему в досить широкому діапазоні температур, від  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $3000\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

За діапазоном вимірювань, з використанням безконтактної технології, пірометри класифікуються на: низько- і високотемпературні. Низькотемпературні мають робочий діапазон від  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $380\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Високотемпературні: працюють в діапазоні від  $380\text{ }^{\circ}\text{C}$  до декількох тисяч градусів.

Високотемпературні термометри потрібні у виробничій сфері, наприклад, на металургійних заводах. В інших сферах, зазвичай, використовують низькотемпературні пірометри. У більшості недорогих побутових пірометрів робочий діапазон від  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $380\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Типову принципову схему можна представити таким чином: досліджувана поверхня; тепловий потік; «приймач» – оптична система; датчик перетворювач сигналу; перетворювач електронний; лічильник; корпус; «курок»; екран. Приймач вловлює теплові хвилі, які випромінює об'єктом, які за допомогою оптики передаються на перетворювачі. Аналогове значення перетворюється в електричне, сигнал проходить через лічильник і далі як готовий результат виводиться на екран (рис. 1), де 1 – досліджувана поверхня; 2 – тепловий потік; 3 – приймач; 4 – давач-перетворювач сигналу; 5 – перетворювач електронний; 6 – лічильник; 7 – корпус; 8 – курок; 9 – екран.

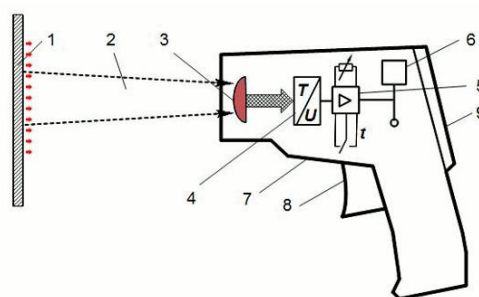


Рисунок 1 – Структурна схема пірометричного датчика

Вимірювання температури відбувається в визначеному діапазоні температур. Значення діапазону залежать від довжини хвиль, на яких працює прилад.

Найважливішими параметрами пірометрів є налаштування ступеня чорноти об'єкта і оптичний дозвіл (показник візування) приладу. Оптичний дозвіл пірометра характеризується

відношенням відстані від пірметра до поверхні тіла до діаметру круглої плями на поверхні тіла (область точного вимірювання температури обмежена цією плямою), температура якого вимірюється. Ступінь чорноти або коефіцієнт випромінювання матеріалу характеризує відбивну здатність самого матеріалу, температура якого дистанційно вимірюється пірметром. Так, наприклад, окислена сталь має ступінь чорноти 0,85, а полірована – 0,075. Оптичний дозвіл системи визначається як відношення відстані об'єкта до діаметру зони вимірювання (світлового плями)..Чим більше відстань до об'єкта, тим більше діаметр зони виміру.

Наприклад, на відстані 1,5 м діаметр світлового плями буде дорівнювати 13,2 см. Слід врахувати, що зазначене співвідношення буде вірним лише для однієї ділянки умовного «променя» вимірювання, там, де він має найменший діаметр, тому що «промінь» не має строго конічної форми, звужується у напрямку до приймача. Як бачимо по діаграмам (рис.2., де: А – вірне візування; Б – граничне візування, можуть бути похибки; В – неправильне візування, точність вимірювань може істотно змінитися) і, найменший діаметр променя знаходиться на відстані 900 м від об'єкта. Ця зона називається фокусна відстань.

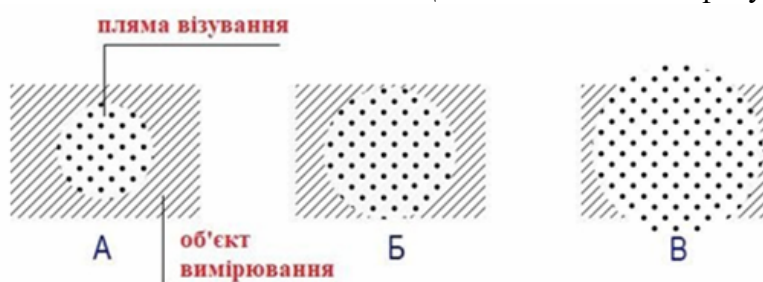


Рисунок 2 – Діаграми націлювання зони вимірювання

За допомогою лазерної указки є можливість «прицілитися». Це виконує допоміжна функція є досить корисною та зменшує похибки при вимірюванні.

Необхідно зазначити, що випромінювальна здатність пірметрів, як правило, в базових налаштуваннях зафіксована, її коефіцієнт дорівнює 0,95, чого цілком вистачає для більшості завдань, а ось у більш складних (дорогих) пірметрів показник емісії «плаваючий», може бути змінений вручну або автоматично при скануванні специфічних матеріалів. Ще однією корисною функціональною можливістю є підсвічування дисплея, що дозволить проводити виміри в умовах поганої освітленості, (нерідко трапляється при вуличних роботах, або в темний час доби). В основі роботи пірметра лежить принцип перетворення потоку інфрачервоного випромінювання від об'єкта, що приймається чутливим елементом, в електричний сигнал, пропорційний спектральній щільності потужності потоку випромінювання (рис. 3, де: О – об'єкт; М – модулятор; ПВ – приймач випромінювання; ВОС – вузол обробки сигналу; ВІ – вузол індикації; ДЖ – джерело живлення).

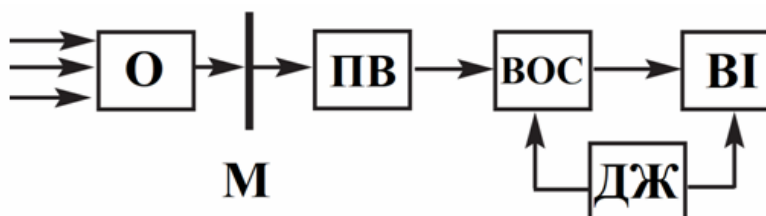


Рисунок 3 – Структурна схема пірметра [4]

Потік інфрачервоного випромінювання, що випускається об'єктом, потрапляє в оптичну систему, де діафрагмує і фокусується на приймач випромінювання, що знаходиться у фокусі оптичної системи.

Модулятор «М» перетворює потік випромінювання, що потрапляє на приймач випромінювання, з постійного на змінний. Приймач випромінювання перетворює потужність падаючого на нього потоку ІЧ випромінювання в електричну напругу пропорційне спектральній щільності потужності потоку випромінювання. Вузол обробки ВО перетворює сигнал з приймача випромінювання, відповідності до номінальної статичної характеристики перетворення, у вигляді, зручному для індикації. Вузол індикації ВІ відображає отриманий на них сигнал з ВО на знаковинтезуючим рідкокристалічним і світлодіодному індикаторах у вигляді цифрового значення температури. Джерело живлення забезпечує всі вузли приладу напругою, необхідними для їх роботи. [5–9].

**ВИСНОВКИ.** Безконтактні пірометри для виміру температур потенційно небезпечних об'єктів можуть бути вирішенням проблеми не тільки контролю протікання технологічних процесів, вимірювання температур промислового діапазону, а й безпеки для операторів. Такі модулі можуть бути інтегровані у складні системи моніторингу та передавати інформацію бездротовим способом, що дозволяє використовувати їх, навіть на важко доступних ділянках виробничих приміщень.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Невлюдов І.Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації. Збірник задач [Текст]: Навчальний посібник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, Г.В. Пономарьова, А.О. Функендорф. Кривий Ріг: КК НАУ, 2018. 332 с.
2. Чала О. О. Дефектоутворення, як основа Defect Engineering в МЕМС та МОЕМС // Технологія приборостроєння. 2020. № 1. С. 78–81.
3. Кин А. И. Компьютерная программа для автоматизации процесса выбора оптимального числа точек контроля для быстродействующего оптико-электронного прибора на базе метода спектральной пирометрии [Текст] / А.И. Кин, А. Ю. Сидоренко, Е. В. Сыпин // Южно-Сибирский научный вестник. 2017. №. 4. С. 196–201.
4. Невлюдов І.Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. КК НАУ, 2017. 444 с.
5. I. Nevliudov, S. Maksymova, A. Funkendorf, O. Chala and K. Khrustalev, "Using MEMS to adapt ultrasonic welding processes control in the implementation of modular robots assembly processes," 2018 XIV-th International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), 2018, pp. 223-226, doi: 10.1109/MEMSTECH.2018.8365738.
6. O. Filipenko, O. Chala and O. Sychova, "Some Issues of Dependencies of Loss from Technological Features of Optical Switches for Communication Systems," 2018 International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), 2018, pp. 599–603, doi: 10.1109/INFOCOMMST.2018.8632051.
7. Селиванова К.Г. Теоретические аспекты для моделирования интерференционного электромиографического сигнала / К.Г. Селиванова // Стан, досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій: XIII Всеукраїнська наук.-техн. конф. молодих вчених, аспірантів та студентів, 29 квітня 2013 р.: матеріали конф. Одеса, 2013. С.44–45.
8. Филипенко О.І. Конструктивно-технологічні фактори втрат в оптичних перемикачах на основі МОЕМС-компонентів / О.І. Филипенко, О.О. Чала // Міжнародна науково-практична конференція "Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи", 10-16 березня 2014 року. Київ, Україна.
9. Семенець В.В. Введення в мікросистемну техніку та нанотехнології: / В. В. Семенець, І. Ш. Невлюдов, В. А. Палагін. Х. : Компанія СМІТ, 2011. 416 с

**Науковий керівник:** Чала Олена Олександрівна, к.т.н., доцент кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки