

І.В. ГРИГОРЕНКО, канд. техн. наук, доц., НТУ "ХПІ", Харків
О.Є. ТВЕРИТНИКОВА, канд. іст. наук, доц., НТУ "ХПІ", Харків
І.М. КОРЖОВ, студент, НТУ "ХПІ", Харків

СТЕНД КОНТРОЛЮ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

У статті розглянуті питання розробки та експлуатації стенду контролю основних характеристик теплових перетворювачів. Розглянуті особливості температурних вимірів за допомогою терморезисторів та термопар, та питання визначення їх метрологічних характеристик.

В статье рассмотрены вопросы разработки и эксплуатации стенда контроля основных характеристик тепловых преобразователей. Рассмотрены особенности температурных измерений с помощью терморезисторов и термопар, и вопросы определения их метрологических характеристик.

Вступ. Термоперетворювачі під час тривалої експлуатації змінюють свої метрологічні характеристики, що має вплив на точність результатів вимірювань. Таким чином актуальним стає проведення своєчасного контролю точностних характеристик термоперетворювачів.

Температура як параметр теплового процесу не піддається безпосередньому виміру. У той же час вона є функцією стану речовини, безпосередньо пов'язаною з внутрішньою енергією тіла, а через неї й з іншими властивостями. Отже, при зміні температури міняється багато інших фізичних властивостей тіл, які можна виміряти, зокрема об'ємне розширення тіл при нагріванні; залежність опору речовини від t° , виникнення термо-ЕРС [1].

Мета роботи – розробка макету термоперетворювача з розширеними функціональними можливостями.

Аналіз термоперетворювачів. Тепловими називаються перетворювачі, принцип дії яких заснований на використанні теплових процесів (нагрівання, охолодження, теплообміну) і вхідною величиною яких є температура. Засоби вимірів температури різноманітні та різняться діапазоном вимірів, типом використовуваного термоперетворювача, наявністю або відсутністю контакту між термоперетворювачем і об'єктом вимірів. Згідно останній характеристиці всі засоби вимірів температури діляться на контактні та безконтактні [2].

Для виміру температури залежно від її значення, необхідної точ-

ності й умов вимірів можуть бути використані різні прилади. Для виміру температури контактними засобами як правило, використовують термометри опору й термоелектричні термометри [1].

Метали, призначені для виготовлення чутливих елементів, термометрів опору, повинні володіти високою стабільністю ТКО, лінійною залежністю опору від температури, гарною відтворюваністю значень електричного опору в інтервалі робочих температур, інертністю до впливів навколишнього середовища. До таких матеріалів відноситься платина. Якщо верхня межа температури застосування термометра невисока, то широко застосовуються мідні терморезистори, вольфрамові й нікелеві [1, 2].

До переваг міді, як матеріалу, застосовуваного для виготовлення чутливих елементів термометрів опору типу ТСМ варто віднести дешевину, простоту одержання такого дроту в різній ізоляції, можливість одержання провідникової міді високої чистоти (сплави мають менше значення ТКО), лінійний характер залежності опору міді від температури. До числа недоліків міді варто віднести малий питомий опір ($\rho=1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м) і інтенсивне окислення при невисоких температурах [1, 3].

Залежність електричного опору міді від температури в діапазоні від -50 до -200 °С підкоряється рівнянню:

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

де R_t і R_0 – опору терморезистора, відповідно при температурі t і 0 °С; α – ТКО міді ($\alpha = 4,26 \cdot 10^{-3}$ С $^{-1}$, К $^{-1}$) [1, 3].

Якщо для мідного терморезистора потрібно визначити R_2 (при температурі t_2) по відомому опорі R_1 (при температурі t_1), то варто користуватися формулою:

$$R_2 = R_1(1 + \alpha t_2)/(1 + \alpha t_1). \quad (2)$$

Похибки, що виникають при вимірі температури термометрами опору, викликається нестабільністю в часі початкового опору термометра і його ТКО, зміною опору лінії, що з'єднує термометр із вимірювальним приладом, перегрівом термометра вимірювальним струмом (звичайно струм значно менше 10 мА) [2].

При щільному з'єднанні (контакті) двох металевих поверхонь електрони з металу з меншою роботою виходу будуть переходити в метал з більшою роботою виходу. При цьому виникає контактна різниця потенціалів, величини якої залежить від температури [2].

Термоелемент складається із двох таких з'єднань (зварені або спаяних), якщо їхні температури однакові, то контактні напруги компенсуються. Якщо контактні з'єднання мають різну температуру, то вини-

кає термо-ЕРС, що викликає термострум. Його величина залежить від опору ланцюга, матеріалів і різниці температур. Термоелектричний метод виміру температур заснований на строгій залежності термо-ЕРС від температури [2].

До термоелектродним матеріалів, призначених для виготовлення термопар, пред'являють ряд вимог. Однозначна, бажано близька до лінійного, залежність термо-ЕРС від температури, стабільність і відтворюваність термоелектричної характеристики, висока чутливість, жаростійкість і механічна міцність, хімічна інертність, термоелектрична однорідність [1].

Функція перетворення термопар:

$$E(t, t_0) = f(t) - f(t_0) \quad (5)$$

де $E(t, t_0)$ – термо-ЕРС перетворювача; $f(t)$, $f(t_0)$ – функції температур робочого спаю й вільних (холодних) кінців термопар.

Опис макету. На рис. 1 зображено макет для контролю основних характеристик теплових перетворювачів у діапазоні від 0-110 °С.

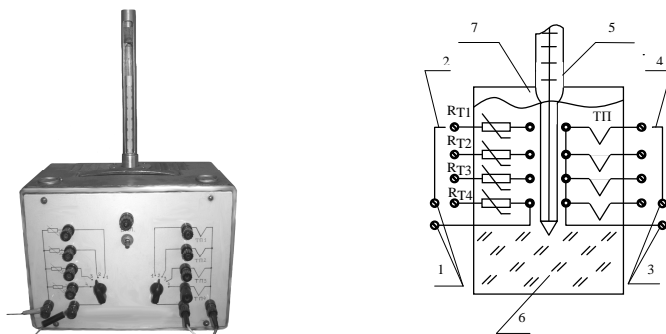


Рис. 1. Зовнішній вигляд і схема стенду контролю основних характеристик теплових перетворювачів.

На рис. 1: 1 – клеми підключення терморезисторів; 2 – перемикач підключення терморезисторів К1; 3 – клеми підключення термопар; 4 – перемикач підключення термопар К2; 5 – термометр; 6 – масло; 7 – колба.

Макет складається з колби, де знаходиться масло, температура якого вимірюється, ртутного термометру 5, показання якого використовуються для визначення температури нагрівача, чотирьох терморезисторів, що вибираємо за допомогою перемикача К1 2, чотирьох термопар, які вибираємо за допомогою перемикача К2 4, клем до яких можливо під'єднання зовнішніх терморезисторів або термопар 1,3,

тумблер для включення та виключення макету.

Методика проведення вимірювань. Методика повірки термоелементів здійснюється відповідно до ДСТУ 2708-99, ДСТУ ІЕС 60584-(1-3): 2007. [4, 5].

До клем лабораторного макета підключається прилад для виміру опору. Перемикачами К1 і К2 здійснюється вибір термперетворювача, К1 – терморезистора, К2 – термопар. На макеті встановлено по чотири термопары та терморезистора. Методика включає підключення приладу до мережі, включення тумблеру ВКЛ на панелі макета (при цьому повинна завітитися лампочка сигналізації), вимірювання опору терморезисторів та термопар при різній температурі масла, визначення температури згідно з градуовальними таблицями та визначення похибки вимірювань.

Застосування. За допомогою даного макету проводяться лабораторні роботи по повірці та калібруванні термопар і терморезисторів. Під час лабораторної роботи студенти поглиблюють свої знання у метрології, навчаються складати градуовальні характеристики, здобувають практичні навички у повірці та калібруванні засобів вимірювальної техніки, у частному випадку терморезисторів і термопар.

Висновки. Значна частка усіх температурних вимірювань у промисловості й наукових дослідженнях випадає на долю термоелектричних перетворювачів, так що питання щодо достовірності їх показань дуже актуальне. Макет вдало поєднує у собі два основних типа термперетворювачів: терморезистори и термопары. За допомогою зовнішніх клем можливо підключати зовнішні термопары і терморезистори для контролю їх метрологічних характеристик і відповідної калібровки. Усі ці якості роблять наш макет дуже зручним у використанні на промисловості.

Список літератури: 1. Преображенский В.П. Технологические измерения и приборы / В.П. Преображенский. – М.: Энергия, 1978. – 704 с. 2. Полищук Е.С. Измерительные преобразователи / Е.С. Полищук. К.: Вища школа, 1981. – 296 с. 3. Температурные измерения. Справочник / О.А. Теращенко, А.Н. Гордов, А.К. Еремина и др. – К.: Наукова думка, 1987. – 704 с. 4. ДСТУ 2708-99 Метрологія. Повірка засобів вимірювальної техніки. Організація та порядок проведення. [діє з 01.01.2000] – К.: Держстандарт, 2009. 5. ДСТУ ІЕС 60584-1:2007 Перетворювачі термоелектричні. Частина 1. Градуовальні таблиці [діє з 01.01.2009] – К.: Держспоживстандарт, 2009.

*Надійшла до редколегії 15.04.2011
Рецензент д.т.н., проф. Лупіков В.С.*