

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Запорізький національний технічний університет**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
до виконання лабораторної роботи № 10  
«Дослідження терморезисторів»  
з дисципліни «Автоматичне керування зварюванням» для студентів  
спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання

2017

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 10 «Дослідження терморезисторів» з дисципліни «Автоматичне керування зварюванням» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання / Укл.: А.О. Шумілов, О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. - 10 с.

Укладачі: А.О. Шумілов, канд. техн. наук, доцент

О.Є. Капустян, ст. викладач;

Рецензент: Ю.М. Савонов, канд. техн. наук, доцент

Редактор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено

на засіданні кафедри ОТЗВ

Протокол № 8 від 29.03.2017

Рекомендовано до видання

НМК ІФФ

Протокол № 8 від 11.04.2017

## 1 МЕТА РОБОТИ

Вивчити конструкцію та принцип дії терморезисторів (ТР); дослідити характеристики напівпровідникового терморезистора КМТ-14

## 2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Терморезистор, термістор — напівпровідниковий резистор, активний електричний опір якого залежить від температури.

Для термістора характерні великий температурний коефіцієнт опору (ТКО) (у десятки раз перевищує цей коефіцієнт для металів), простота використання, здатність працювати в різних кліматичних умовах при значних механічних навантаженнях, стабільність характеристик у часі.

Терморезистори виготовляють у виді стержнів, трубок, дисків, шайб, бусинок і тонких пластинок переважно методами порошкової металургії. Їхні розміри можуть варіюватися в межах від 1—10 мкм до 1—2 см.

Дія терморезисторів заснована на зміні опору провідників в залежності від температури. Вони використовуються в електричних колах температурної стабілізації режиму транзисторних підсилювачів, а також в різних пристроях вимірювання, контролю і автоматики.

Розрізняють терморезистори з негативним (термістори) і позитивним (позистори) ТКО.

Терморезистори бувають низькотемпературні (розраховані на роботу при температурах нижче 170 К), середньотемпературні (170—510 К) і високотемпературні (вище 570 К). Крім того, існують терморезистори, призначені для роботи при 4,2 К і нижче й при 900—1300 К. Найбільш широко використовуються середньотемпературні терморезистори із ТКС від — 2,4 до — 8,4 %/К і номінальним опором 1—106 Ом.

Режим роботи терморезисторів залежить від того, на якій ділянці статичної вольт-амперної характеристики (ВАХ) обрана робоча точка. У свою чергу ВАХ залежить як від конструкції, розмірів і основних параметрів терморезистора, так і від температури

теплопровідності навколишнього середовища, теплового зв'язку між терморезистором і середовищем. Терморезистори з робочою точкою на початковій (лінійній) ділянці ВАХ використовуються для виміру й контролю температури й компенсації температурних змін параметрів електричних кіл і електронних приладів. Терморезистори з робочою точкою на спадній ділянці ВАХ (з негативним опором) застосовуються як пускові реле, реле часу, вимірники потужності електромагнітного випромінювання на НВЧ, стабілізатори температури й напруги. Режим роботи терморезистора, при якому робоча точка перебуває також на спадаючій ділянці ВАХ (при цьому використовується залежність опору терморезистора від температури й теплопровідності навколишнього середовища), характерний для терморезисторів, застосовуваних у системах теплового контролю й пожежної сигналізації, регулювання рівня рідких і сипучих середовищ; дія таких терморезисторів заснована на виникненні релейного ефекту в ланцюзі з терморезистором при зміні температури навколишнього середовища або умов теплообміну терморезистора з середовищем.

## 2.1 Металеві термодатчики

Основні матеріали - чисті метали: платина, мідь, нікель, вольфрам. Опір платини змінюється за законами: при зміні температури від 200° С до 0° С

$$R_t = R_0[1 + at + bt^2 + c(t - 100)t^3]; \quad (2.1)$$

при зміні температури від 0° С до 650°С

$$R_t = R_0[1 + at + bt^2], \quad (2.2)$$

де  $a = 3,96847 \cdot 10^{-3}$  1/град;

$b = - 5,847 \cdot 10^{-7}$  1/град<sup>2</sup>;

$c = - 4,22 \cdot 10^{-12}$  1/град<sup>4</sup>;

$R_0$  - опір при 0° С.

Платина повинна задовольняти умові:

$$(R_{100}/R_0)_{\text{сер}} = 1,391, \quad (2.3)$$

де  $R_{100}$  - опір при  $100^\circ \text{C}$ .

Для міді в діапазоні температур -  $50^\circ \text{C}$  -  $180^\circ \text{C}$  діє закон:

$$R_t = R_0(1 + at), \quad (2.4)$$

де  $a = 4,26 \cdot 10^{-3} \text{ 1/град}$ .

Умова придатності міді до терморезисторів:

$$(R_{100}/R_0)_{\text{сер}} = 1,426 \quad (2.5)$$

Конструктивно терморезистор складається із зовнішнього чохла з клемною голівкою й розташованого в ньому чутливого елемента.

## 2.2 Напівпровідникові терморезистори (термістори)

Виготовляються з окислів металів:  $\text{Mn}_2\text{O}$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NiO}$ ,  $\text{VO}_2$  та інші, спресовані та спечені при високій температурі.

Напівпровідникові матеріали мають великі від'ємні температурні коефіцієнти (до - 3; + 6 % на  $1^\circ \text{C}$ ).

Зміна опору напівпровідників в залежності від температури відбувається за законом:

$$R = R_\infty \cdot e^{B/T} = R_0 \cdot e^{B(1/T - 1/T_0)} = R_0(1 - t \cdot B/T_0), \quad (2.6)$$

$$B = [(T_1 \cdot T_2)/(T_2 - T_1)] \ln(R_1/R_2), \quad (2.7)$$

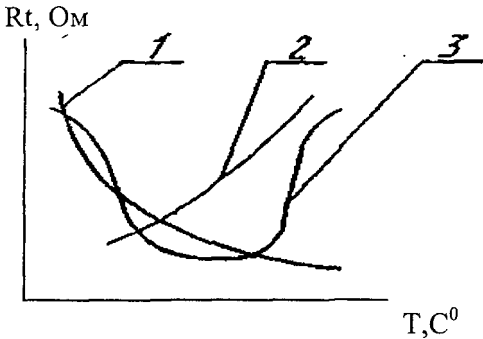
де  $R$  і  $B$  - коефіцієнти, постійні для даного напівпровідникового матеріалу;

$R$  - опір термістора при температурі  $T_0$ ;

$T$  - температура тіла термістора в  $\text{K}$ .

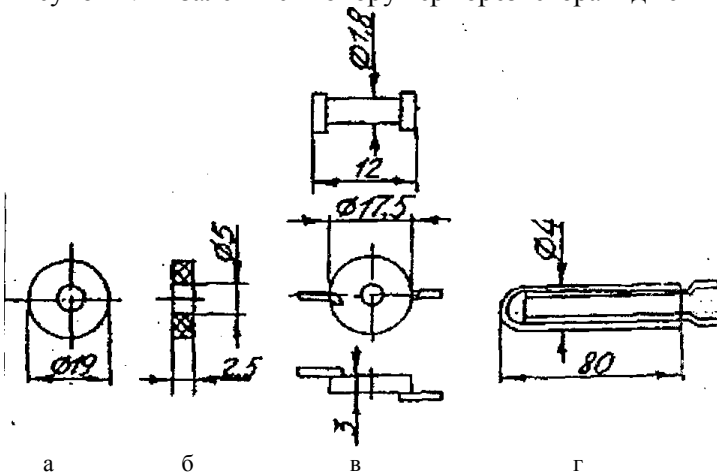
## 2.3 Позистори

Позистори - терморезистори з додатнім температурним коефіцієнтом опору, що досягає 0,6 % на 1° С та більше. В якості матеріалу для позисторів використовується титанато-барієва кераміка з домішками рідкоземельних елементів.



1 - термістор, 2 - металевий терморезистор, 3 - позистор.

Рисунок 2.1 - Залежність опору терморезистора від температури



а) КМТ-1, ММТ-1, СТЗ-1; б) ММТ-9; в) КМТ-12, ММТ-12; г) КМТ-14.

Рисунок 2.2 - Основні типи терморезисторів.

Характеристики терморезисторів приведені в табл. 1.1.

Таблиця 2.1 - Основні параметри терморезисторів

Тип	Діапазон номінальних опорів при 20° С, кОм	ТКО при 20° С, %	Максимальна потужність	Постійна на часу, с, не більше	Постійна В, К	Діапазон робочих температур, °С
КМТ-1	22... 1000	4,2...8,4	1	85	3600...7200	-60... 180
КМТ-14	0,5; 0,68; 0,91; 160; 200; 330; 4300; 7500; при 150°С	2,1...2,5; 3,4...4,2; 3,5...4,3	0,1	10...60	3690...4510 6120...7480 6300...7700	-10...300
СТ5-1	0,02...0,15	20	16	20	-	-20...200 (100...200)*
СТ6-4Г	5...25	2...6	0,8	40	-	-60...125 (-20...125)*

Примітки.

1 КМТ-1, КМТ-14 - термістори; СТ5-1, СТ6-4Г - позистори.

2 \* - Діапазон температур додатнього ТКО.

## 2.4 Основні параметри терморезисторів

Номінальний опір.  $R_H$  - електричний опір, значення якого позначено на ТР або вказано в нормативній документації, вимірний для більшості типів ТР при 20° С, а для ТР з температурами експлуатації до 300° С - при 150° С.

Температурний коефіцієнт опору. ТКО - характеризує оборотну зміну опору на один градус Кельвіна або Цельсія.

Максимально допустима потужність розсіювання.  $P_{\text{тах}}$  - найбільша потужність, яку довгий час може розсіювати ТР, не викликаючи необоротних змін характеристик, при цьому його температура не повинна перевищувати максимальну робочу температуру.

Коефіцієнт температурної чутливості. В - визначає характер температурної залежності даного типу ТР. Цей коефіцієнт більш

відомий як постійна В, яка залежить від фізичних якостей напівпровідникового матеріалу, з якого виготовлений термочутливий елемент.

Постійна часу,  $t$  - характеризує теплову інерційність. Вона дорівнює часу, за який температура ТР змінюється на 63 % при перенесенні його з повітряного середовища з температурою 0° С в повітряне середовище з температурою 100°С.

### **3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ**

- 1 Пояснити призначення та принцип дії терморезисторів.
- 2 З яких матеріалів виготовляються терморезистори?
- 3 Назвати види терморезисторів та їх відмінності.
- 4 Назвати основні параметри терморезисторів.
- 5 Як розрахувати опір терморезисторів при заданій температурі?

### **4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ**

- 1 Хімічний стакан.
- 2 Прилад-вимірювач L, C, R цифровий E7-8.
- 3 Нагрівач води.
- 4 Термометр.ТР КМТ-14.



## 5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. Забороняється проведення досліду при ввімкненому нагрівачеві води.
2. До лабораторних робіт допускаються студенти після інструктажу з охорони праці та пожежної безпеки.
3. Забороняється вмикати електричні прилади та обладнання без дозволу завідуючого лабораторією або викладача.
4. У випадку виявлення неполадок обладнання студент мусить негайно повідомити викладача або завідуючого лабораторією.
5. При пожежі або ураженні електричним струмом студенти повинні діяти у відповідності до затверджених інструкцій з охорони праці та пожежної безпеки.

## 6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Ознайомитись з приладом-вимірювачем L, C, R-цифровий E7-8.

В хімічному стакані за допомогою нагрівача води довести її до кипіння.

Термометром, вимірюючи температуру води при її охолодженні через кожні  $10^{\circ}\text{C}$ , фіксувати показання опору термістора. Дані спостережень звести до табл. 6.1.

Таблиця 6.1 - Показання опору термістора

$t, ^{\circ}\text{C}$	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
$R_t, \text{кОм}$										

Побудувати графік залежності опору від температури  $R = f(T)$  терморезистора КМТ-14.

Розрахувати зміну опору термістора при зміні температури за формулою (2.6) та порівняти з вимірами.

## 7 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Тема та мета роботи.
2. Короткі дані по теорії терморезисторів.
3. Порядок проведення лабораторної роботи.
4. Результати дослідження у виді таблиці та графіка.
5. Пояснювання результатів експериментів.
6. Висновки по роботі.

## 8 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Агейкин Д.И., Костина Е.Н., Кузнецова Н.Н. Датчики контроля и регулирования. Справочные материалы. - М.: Машиностроение, 1965. – 928 с.
2. Промислова електроніка: Підручник / В.С. Руденко, В.Я. Ромашко, В.В. Трифонюк. - К.: Либідь, 1993. - 432 с.
3. Терещук Р.М., Терещук К.М., Седов С.А. Полупроводниковые приемно-усилительные устройства: справочник радиолюбителя. - К.: Наукова думка, 1989. – 800 с.
4. Алексеева И.Н. В помощь радиолюбителю: Сборник. Вып. 109. - М.: Патриот, 1991. – 80 с.