

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи № 10

«Дослідження терморезисторів»

з дисципліни «Схемотехніка зварювального обладнання»
спеціальності 131 «Прикладна механіка» всіх форм навчання

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 10
«Дослідження терморезисторів» з дисципліни «Схемотехніка
зварювального обладнання» спеціальності 131 «Прикладна механіка»
всіх форм навчання/ Укл. Ю.М. Савонов, – Запоріжжя: НУ
«Запорізька політехніка», 2023. – 11 с.

Укладач: Ю.М. Савонов, канд. техн. наук, доц.;
Рецензент: І.М. Білони́к, канд. техн. наук, доц.;
Редактор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено
на засіданні кафедри ІТЗ та МК
Протокол № 01 від 13.09.2023

Рекомендовано до видання
НМК ІФФ
Протокол № 2 від 10.10.2023

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, 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 °C до 0 °C

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

при зміні температури від 0° C 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/град²;

$c = -4,22 \cdot 10^{-12}$ 1/град⁴;

R_0 - опір при 0° C.

Платина повинна задовольняти умові:

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

де R_{100} - опір при 100 °C.

Для міді в діапазоні температур – 50 °C – 180 °C діє закон:

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

де $a = 4,26 \cdot 10^{-3}$ 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: Mn_2O , Cu_2O_3 , Fe_2O_3 , NiO , VO_2 та інші, спресовані та спечені при високій температурі.

Напівпровідникові матеріали мають великі від'ємні температурні коефіцієнти (до - 3; + 6 % на 1°C).

Зміна опору напівпровідників в залежності від температури відбувається за законом:

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

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

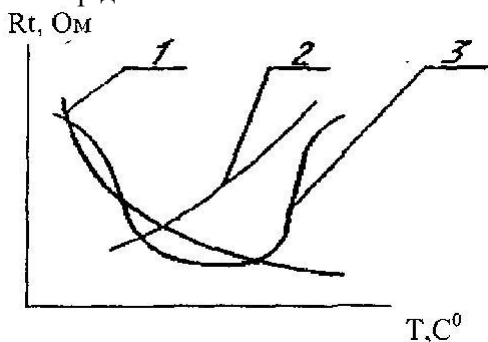
де R і B - коефіцієнти, постійні для даного напівпровідникового матеріалу;

R - опір термістора при температурі T_0 ;

T - температура тіла термістора в К.

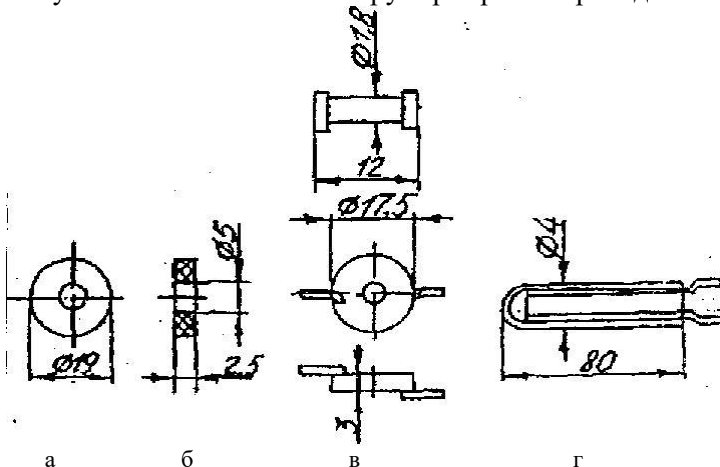
2.3 Позистори

Позистори - терморезистори з додатнім температурним коефіцієнтом опору, що досягає 0,6 % на 1°C 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) KMT-1, ММТ-1, СТЗ-1; б) ММТ-9; в) KMT-12, ММТ-12; г) KMT-14.

Рисунок 2.2 - Основні типи терморезисторів.

Характеристики терморезисторів приведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Основні параметри терморезисторів

Тип	Діапазон номіналь- них опорів при 20° С, кОм	ТКО при 20° С, %	Макси- мальна потужн- ість	Постій- на 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

Номинальний опір. R_H - електричний опір, значення якого позначено на ТР або вказано в нормативній документації, виміряний 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. $P_{тах}$ - 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 Е7-8.
- 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°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.

ЛІТЕРАТУРА

1. Промислова електроніка [Текст] : робоча програма, метод. вказ. та контр. завдання для заоч. форми навчання спец. 6.010100(31) – Проф. навчання. Автоматизація технологічних процесів хім. виробництв / Укр. інж.-пед. акад. ; уклад. О. О. Шевченко, В. І. Борзенко. – Х. : [б. в.], 2003. – 200 с.
- 2 Сосков А.Г. Промислова електроніка: Теорія і практикум : підручник для студентів вузів / А.Г.Соколов, Ю.П. Колонтаєвський; за ред.докт.техн.наук, проф. А.Г. Соскова – К.: Каравела, 2013. – 496с.
- 3 Петренко І.А. Основи електроніки та електротехніки: Навч. посібник для дистанційного навчання: у 2 ч. – Ч.2: Основи електроніки. – К.: Університет «Україна», 2006. – 307 с.
- 4 Щерба А.А., Поворознюк Н.І. Електротехніка. Частина II. Електроніка.: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. - К., ТОВ «Наш формат», 2013. – 458 с.
- 5 Електротехніка. Основи електроніки та схемотехніки : дистанційний курс / А.А. Щерба, І.А. Петренко, М.Є. Кучеренко – Київ: УПТО НТУУ «КПІ», 2012. – Режим доступу до курсу : <http://udec.ntu-kpi.kiev.ua/moodle/course/view.php?id=129>.
- 6 Електроніка і мікросхемотехніка: Підручник для студентів вищ. закл. освіти у 4-х т. Під ред. В.І. Сенька. – Т.1: Елементна база електронних пристроїв. – К.: ТОВ «Видавництво Обереги», 2000. – 300 с.

7 Електроніка і мікросхемотехніка: Підручник для студентів вищ. закл. освіти у 4-х т. Під ред. В.І. Сенька. – Т.2: Аналогові та імпульсні пристрої. – К.: ТОВ «Видавництво Обереги», 2000. – 510 с.

8 Васильєва Л.Д., Медведенко Б.І., Якименко Ю.І. Напівпровідникові прилади: Підручник. – К.: ІВЦ, «Видавництво «Політехніка», 2003. – 388 с.