

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4 ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОРЕЗИСТОРІВ

Мета роботи: ознайомитися з принципом роботи терморезисторів, навчитися, на практиці, визначати приналежність терморезисторів до тієї або іншої групи ТКО за експериментальними даними.

Теоретичні відомості

Терморезистор – це резистор, опір якого сильно залежить від зміни температури.

Для терморезисторів характерний великий ТКО, у десятки разів перевищуючий ТКО металів. Розрізняють терморезистори з негативним ТКО – термістори, опір яких знижується з ростом температури, і терморезистори з позитивним ТКО – позистори, опір яких збільшується з ростом температури (рис. 4.1). Терморезистори обох типів виготовляють із напівпровідникових матеріалів; діапазон зміни їх ТКО становить - 6,5...+70%/°C.

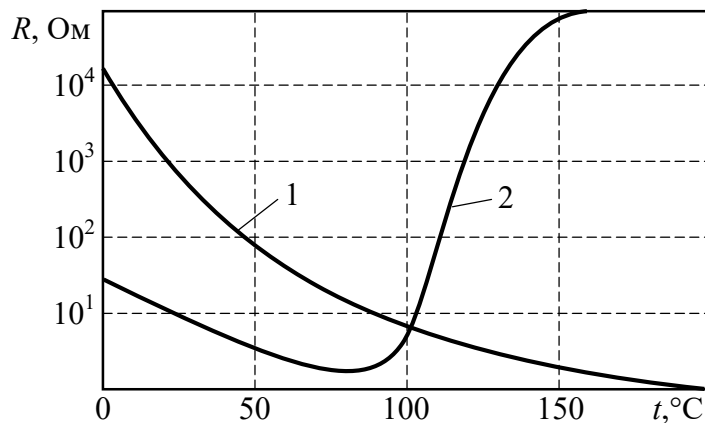


Рис. 4.1 – Температурні характеристики терморезисторів: 1 – термістор; 2 – позистор

В терморезисторах з негативним ТКО напівпровідниковим матеріалом звичайно служить запечена кераміка, якій надають різні форми й розміри. Її виготовляють із суміші оксидів таких металів, як Mn, Ni, Co, Cu і Fe. Змінюючи склад матеріалу й розміри терморезисторів, можна одержати опір від 1 до 106 Ом при кімнатній температурі й із ТКО від -2 до -6,5 %/°C.

Терморезистори з негативним ТКО виготовляють різноманітних конфігурацій: від бусинок діаметром 0,2 мм, дисків і шайб діаметром 3...25 мм до стержней діаметром 12 і довжиною до 40 мм. Конструкції терморезисторів настільки ж різноманітні, як і електричні властивості. Бусинкові терморезистори можна заливати склом, поміщати в скляні або пластмасові оболонки або в транзисторні корпуси, і всі ці прилади можна, у свою чергу, установлювати в металеві й пластмасові корпуси залежно від конкретного застосування. Діскові терморезистори часто захищають ізоляційними плівками з лаку або епоксидних смол, монтують на металевих пластинах і герметизують у металевих або пластмасових корпусах.

Терморезистори з позитивним ТКО можна розділити на дві принципово відмінні групи залежно від типу й властивостей застосовуваного напівпровідникового матеріалу. До першої групи відносяться терморезистори із простого напівпровідника (звичайно кремнію) у формі невеликої пластини із двома виводами на протилежних сторонах. Застосування цих приладів засноване на тому, що леговані кристали кремнію як *n*, так і *p*- типу мають позитивний ТКО при температурах від криогенних до 150°C і вище, причому ТКО при кімнатній температурі приблизно дорівнює 0,8 %/°C. До другої групи відносяться терморезистори з більшим позитивним ТКО (до 70 %/°C), але в більш обмеженому діапазоні температур. Матеріалом для цих приладів служить полікристалічний напівпровідниковий титаніт барію з більшою зміною ТКО при температурі 120°C, що відповідає сегнетоелектричній крапці Кюрі цього матеріалу. Додаючи інші речовини, наприклад титаніт свинцю або стронцій, таку зміну ТКО можна одержати при температурах від -100 до +250°C. Можна також змінити нахил кривої опору таким чином, що велика зміна ТКО буде відбуватися в більш вузькому інтервалі температур, наприклад 0...100°C.

Основними параметрами терморезистора є: номінальний опір, температурний коефіцієнт опору, інтервал робочих температур, максимально припустима потужність розсіювання.

Номінальний опір терморезистора – опір при певній температурі навколишнього середовища, звичайно 25°C або 20°C.

Температурний коефіцієнт опору

$$\alpha_R = \frac{1}{R_0} \frac{\Delta R}{\Delta T} \cdot 100\%,$$

виражає відносну зміну величини опору резистора при зміні його температури на один градус. Для термісторів, що випускаються промисловістю, ТКО перебуває в діапазоні -2...-6,6 %/°C для позисторів 10...60 %/°C.

За *інтервалом робочих температур* розрізняють терморезистори низькотемпературні (розраховані на роботу при температурі нижче 170 K), середньотемпературні (170...510 K) і високотемпературні (вище 570 K). Крім того, існують терморезистори, які призначені для роботи при 4,2 K і нижче й при 900...1300 K.

Найцікавішою й практично корисною властивістю терморезистора з негативним ТКО є спадання напруги на приладі при збільшенні постійного струму, що протікає через терморезистор. На рис. 4.2 наведено статичну вольтамперну характеристику терморезистора, що перебуває в повітряному просторі. При дуже слабких струмах потужність, що розсіюється терморезистором, занадто мала її характеристика підкоряється закону Ома. Зі збільшенням струму температура елемента стає вище навколишньої температури за рахунок виділення джоулевого тепла. При певному значенні струму напруга досягає максимуму й потім зменшується при подальшому збільшенні струму. Напруга в максимумі характеристики або напруга перегину

звичайно позначається U_{\max} .

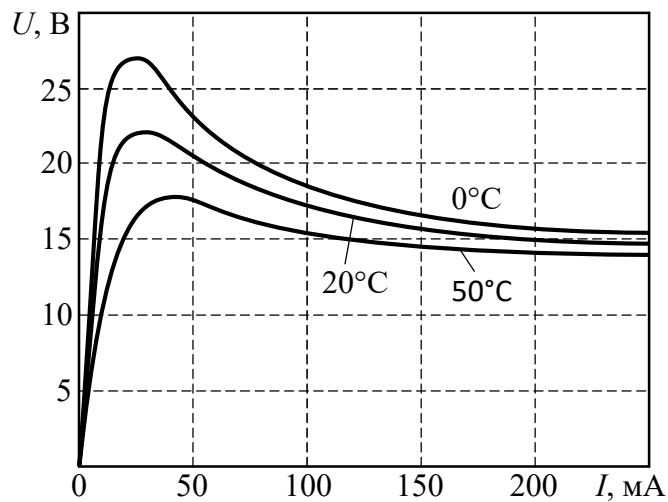


Рис. 4.2. ВАХ терморезистора з негативним ТКО при різній температурі навколишнього середовища

Вольтамперна характеристика терморезисторів з позитивними ТКО залежить від температурної характеристики опору, температури навколишнього середовища й коефіцієнта розсіювання. Зі збільшенням напруги, що прикладається, вольтамперна характеристика підкоряється закону Ома доти, поки нагрівання струмом, що протікає, не збільшить температуру приладу вище точки Кюрі. Далі опір починає різко зростати, що супроводжується відповідним зменшенням струму (рис. 4.3). При подальшому зростанні напруги, що прикладається, терморезистор з позитивним ТКО може бути нагрітий вище температури, відповідній до точки перегину на температурній характеристиці опору, і тоді струм знову почне зростати. Наступне нагрівання може привести до теплового руйнування, якщо опір приладу наближається до R_{\max} .

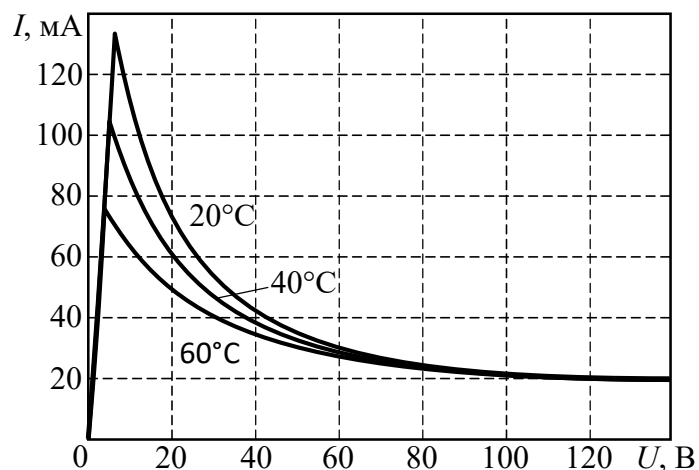


Рис. 4.3. ВАХ терморезистора с позитивним ТКО при різній температурі навколишнього середовища

Терморезистори використовуються для виміру й контролю температури,

компенсації температурних змін параметрів електричних кіл і електронних приладів, теплового захисту, застосовуються в якості пускових реле, реле часу, вимірників потужності електромагнітного випромінювання на НВЧ, стабілізаторів температури й напруги.

Хід роботи

1. Дослідження температурних характеристик терморезисторів:

1.1 Підготувати джерело живлення до роботи, для чого

- кнопки «СИНХРОНИЗАЦІЯ» установити в режим «ПАРАЛЛЕЛЬНО»;
- включити джерело живлення (кнопка «POWER»);
- перемикач індикатора встановити в положення «АМР»;
- ручки регуляторів напруги й струму 1 і 2 каналу повернути за годинниковою стрілкою до упору.
- повернути ручку «НАПРЯЖЕНИЕ» за годинниковою стрілкою приблизно на 30° ;
- ручкою «ТОК» встановити значення 0,2 А;
- зняти провідник і повернути перемикач індикатора в положення «VOLT»;
- повторити перераховані операції для 2-го каналу, встановивши обмеження струму 0,5 А.

2. Зібрати схему, яку наведено на рис. 4.4. У якості нагрівального елемента використовується резистор 10 Ом, 5 Вт. Пред'явити схему на перевірку викладачеві.

3. Поступово збільшуючи напругу живлення нагрівального резистора фіксувати опір терморезистора при заданій температурі. Дані занести в таблицю 1.

4. За даними таблиці 1, в одній координатній площині, побудувати графіки залежності $R = f(t)$ для обох зразків терморезисторів. Визначити який зразок терморезистора має позитивний ТКО, а який негативний.

5. Не роз'єднуючи нагрівальний елемент і терморезистор зібрати схему, яку наведено на рис. 4.5. Пред'явити схему на перевірку викладачеві.

6. За допомогою ручки «НАПРЯЖЕНИЕ» 2-го каналу джерела, що живить коло нагрівача, встановити стабільну температуру згідно з таблицею 2. Збільшуючи напругу 1-го каналу джерела, що живить коло терморезистора, фіксувати струм, що протікає через терморезистор. Дані занести в таблицю 2.

7. Викрутити ручки «НАПРЯЖЕНИЕ» обох каналів джерела живлення проти годинникової стрілки до упору, виключити джерело живлення. Дати охолонути нагрівальному резистору до кімнатної температури.

8. Замінити терморезистор на другий зразок і повторити дослід, описаний у пунктах 2-6.

9. За даними таблиці 2, в одній координатній площині, побудувати сімейство ВАХ терморезистора при різних значеннях температури.

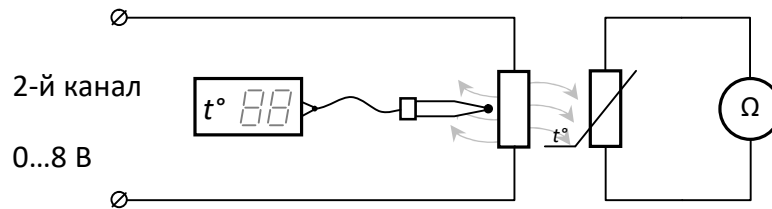


Рис. 4.4. Схема для зняття температурної характеристики терморезистора

Таблиця 4.1. Для зняття температурної характеристики терморезистора

$t, ^\circ\text{C}$	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
$R_1, \text{Ом}$											
$R_2, \text{Ом}$											

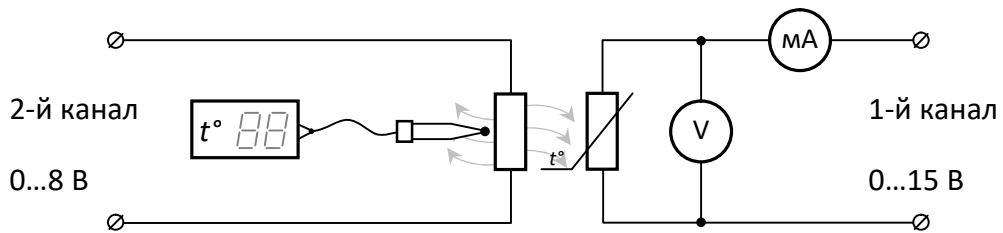


Рис. 4.5. Схема для зняття ВАХ терморезистора

Таблиця 4.2. Для зняття ВАХ терморезистора

$U, \text{В}$	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	$t_{\text{нагр.}}, ^\circ\text{C}$
$I_1, \text{мА}$											20
$I_2, \text{мА}$											40
$I_3, \text{мА}$											60