

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМОРЕЗИСТОРОВ

Цель работы: ознакомиться принципом работы терморезисторов, научиться, на практике, определять принадлежность терморезисторов к той или иной группе ТКС по экспериментальным данным.

Теоретические сведения

Терморезистор – это резистор, сопротивление которого сильно зависит от изменения температуры.

Для терморезисторов характерен большой ТКС, в десятки раз превышающий ТКС металлов. Различают терморезисторы с отрицательным ТКС – *термисторы*, сопротивление которых снижается с ростом температуры, и терморезисторы с положительным ТКС – *позисторы*, сопротивление которых увеличивается с ростом температуры (рис.1). Терморезисторы обоих типов изготавливают из полупроводниковых материалов; диапазон изменения их ТКС составляет $-6,5 \dots +70 \text{ \%}/^\circ\text{C}$.

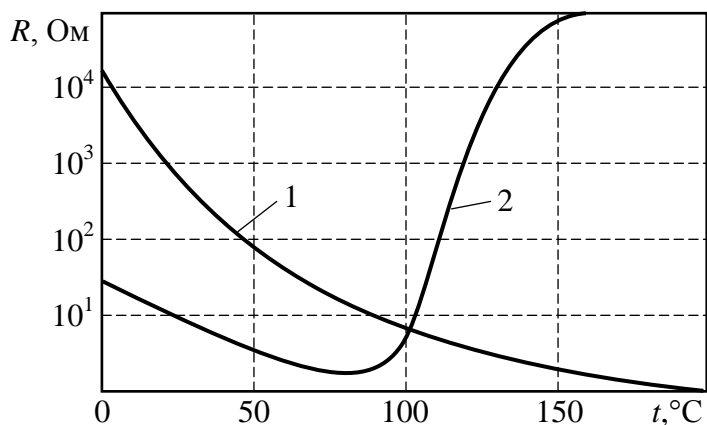


Рис.1. Температурные характеристики терморезисторов: 1 – термистор; 2 – позистор

В терморезисторах с отрицательным ТКС полупроводниковым материалом обычно служит спеченная керамика, которой придают различные форму и размеры. Ее изготавливают из смеси оксидов таких металлов, как Mn, Ni, Co, Cu и Fe. Изменяя состав материала и размеры терморезисторов, можно получить сопротивления от 1 до 10^6 Ом при комнатной температуре и с ТКС от -2 до $-6,5 \text{ \%}/^\circ\text{C}$.

Терморезисторы с отрицательным ТКС изготавливают самых различных конфигураций: от бусинок диаметром 0,2 мм, дисков и шайб диаметром 3...25 мм до стержней диаметром 12 и длиной до 40 мм. Конструкции терморезисторов столь же разнообразны, как и электрические свойства. Бусиновые терморезисторы можно заливать стеклом, помещать в стеклянные или пластмассовые оболочки или в транзисторные корпуса, и все эти приборы можно, в свою очередь, устанавливать в металлические и пластмассовые корпуса в зависимости от конкретного применения. Дисковые терморезисторы часто защищают изоляционными пленками из лака или эпоксидных смол,

монтируют на металлических пластинах и герметизируют в металлических или пластмассовых корпусах.

Терморезисторы с положительным ТКС можно разделить на две принципиально отличные группы в зависимости от типа и свойств применяемого полупроводникового материала. К первой группе относятся терморезисторы из простого полупроводника (обычно кремния) в форме небольшой пластины с двумя выводами на противоположных сторонах. Применение этих приборов основано на том, что легированные кристаллы кремния как *n*, так и *p*-типа имеют положительный ТКС при температурах от криогенных до 150°C и выше, причем ТКС при комнатной температуре приближенно равен 0,8 %/°C. Ко второй группе относятся терморезисторы с большим положительным ТКС (до 70 %/°C), но в более ограниченном диапазоне температур. Материалом для этих приборов служит поликристаллический полупроводниковый титанит бария с большим изменением ТКС при температуре 120°C, соответствующей сегнетоэлектрической точке Кюри этого материала. Добавляя другие вещества, например титанит свинца или стронций, такое изменение ТКС можно получить при температурах от -100 до +250°C. Можно также изменить наклон кривой сопротивления таким образом, что большое изменение ТКС будет происходить в более узком интервале температур, например 0...100°C.

Основными параметрами терморезистора являются: номинальное сопротивление, температурный коэффициент сопротивления, интервал рабочих температур, максимально допустимая мощность рассеяния.

Номинальное сопротивление терморезистора – сопротивление при определенной температуре окружающей среды, обычно 25°C или 20°C.

Температурный коэффициент сопротивления

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

выражает относительное изменение величины сопротивления резистора при изменении его температуры на один градус. Для выпускаемых промышленностью термисторов ТКС находится в диапазоне -2...-6,6 %/°C для позисторов 10...60 %/°C.

По *интервалу рабочих температур* различают терморезисторы низкотемпературные (рассчитанные на работу при температуре ниже 170 К), среднетемпературные (170...510 К) и высокотемпературные (выше 570 К). Кроме того, существуют терморезисторы, предназначенные для работы при 4,2 К и ниже и при 900...1300 К.

Наиболее интересным и практически полезным свойством терморезистора с отрицательным ТКС является падение напряжения на приборе при увеличении постоянного тока, протекающего через терморезистор. На рис.2 приведена статическая вольтамперная характеристика терморезистора, находящегося в воздушном пространстве. При очень слабых токах мощность,

рассеиваемая терморезистором, слишком мала и характеристика подчиняется закону Ома. С увеличением тока температура элемента становится выше окружающей температуры за счет выделения джоулева тепла. При определенном значении тока напряжение достигает максимума и затем уменьшается при дальнейшем увеличении тока. Напряжение в максимуме характеристики или напряжение перегиба обычно обозначается U_{\max} .

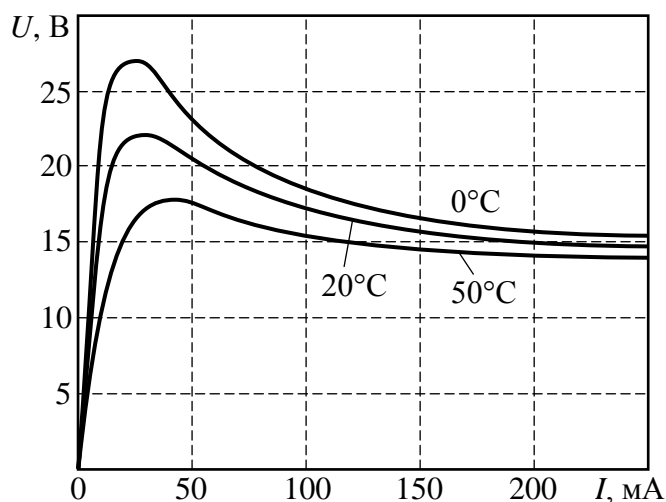


Рис.2. ВАХ терморезистора с отрицательным ТКС при различной температуре окружающей среды

Вольтамперная характеристика терморезисторов с положительными ТКС зависит от температурной характеристики сопротивления, температуры окружающей среды и коэффициента рассеяния. С увеличением прикладываемого напряжения вольтамперная характеристика подчиняется закону Ома до тех пор, пока нагрев протекающим током не увеличит температуру прибора выше точки Кюри. Далее сопротивление начинает резко расти, что сопровождается соответствующим уменьшением тока (рис.3). При дальнейшем возрастании прикладываемого напряжения терморезистор с положительным ТКС может быть нагрет выше температуры, соответствующей точке перегиба на температурной характеристике сопротивления, и тогда ток снова начнет расти. Последующее нагревание может привести к тепловому разрушению, если сопротивление прибора приближается к R_{\max} .

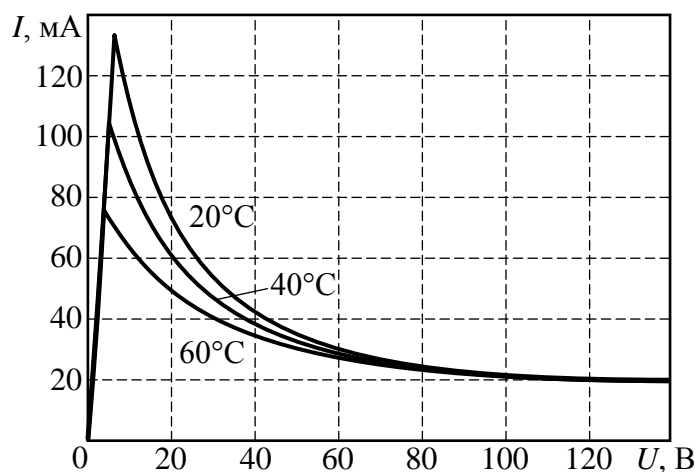


Рис.3. ВАХ терморезистора с положительным ТКС при различной температуре окружающей среды

Терморезисторы используются для измерения и контроля температуры, компенсации температурных изменений параметров электрической цепей и электронных приборов, тепловой защиты, применяются в качестве пусковых реле, реле времени, измерителей мощности электромагнитного излучения на СВЧ, стабилизаторов температуры и напряжения.

Ход работы

- Подготовить источник питания к работе, для чего
 - соединить клеммы «+» и «-» 1-го канала проводником;
 - повернуть ручку «НАПРЯЖЕНИЕ» по часовой стрелке приблизительно на 30°;
 - переключатель индикатора установить в положение «АМР»;
 - ручкой «ТОК» выставить значение 0,2 А;
 - снять проводник и вернуть переключатель индикатора в положение «VOLT»;
 - повторить перечисленные операции для 2-го канала, установив ограничение тока 0,5 А.
- Собрать схему, приведенную на рис.4. В качестве нагревательного элемента используется резистор 10 Ом, 5 Вт. Предъявить схему на проверку преподавателю.
- Постепенно увеличивая напряжение питания нагревательного резистора фиксировать сопротивление терморезистора при заданной температуре. Данные занести в таблицу 1.
- Не разъединяя нагревательный элемент и терморезистор собрать схему, приведенную на рис.5. Предъявить схему на проверку преподавателю.
- При помощи ручки «напряжение» 2-го канала источника, питающего цепь нагревателя, установить стабильную температуру согласно таблице 2. Увеличивая напряжение 1-го канала источника, питающего цепь терморезистора, фиксировать ток, протекающий через терморезистор. Данные занести в таблицу 2.

6. Выкрутить ручки «напряжение» обоих каналов источника питания против часовой стрелки до упора, выключить источник питания. Дать остыть нагревательному резистору до комнатной температуры.
7. Заменить терморезистор на второй образец и повторить опыт, описанный в пунктах 2-6.
8. По данным таблицы 1, в одной координатной плоскости, построить графики зависимости $R = f(t)$ для обоих образцов терморезисторов. Определить какой образец терморезистора имеет положительный ТКС, а какой отрицательный.
9. По данным таблицы 2, в одной координатной плоскости, построить семейство ВАХ терморезистора при различных значениях температуры.

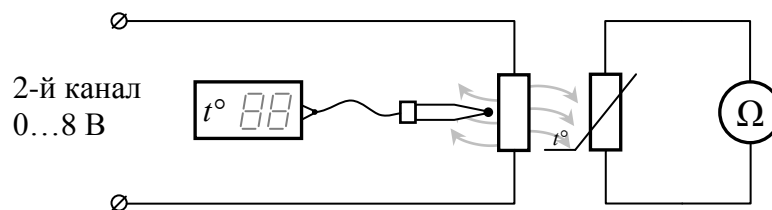


Рис.4. Схема для снятия температурной характеристики терморезистора

Таблица 1. Для снятия температурной характеристики терморезистора

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

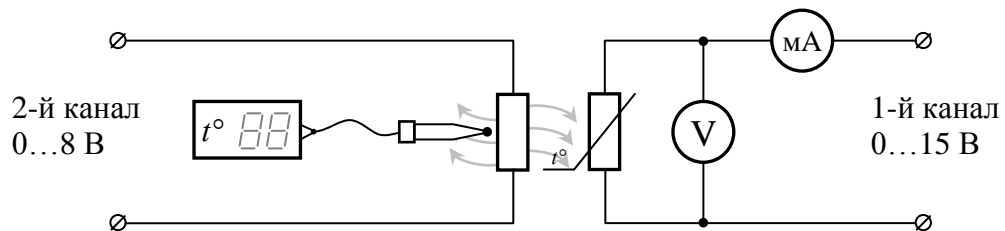


Рис.5. Схема для снятия ВАХ терморезистора

Таблица 2. Для снятия 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