

# ТЕРМИСТОРЫ ФИРМЫ SIEMENS & MATSUSHITA

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ТЕРМИСТОРЫ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ТКС</b> . . . . . 2	Термисторы дисковые выводные . . . . . 9	Время отклика $t_R$ . . . . . 30
<b>СВОДНАЯ ТАБЛИЦА ТЕРМИСТОРОВ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ТКС</b> . . . . . 2	Миниатюрные сенсоры . . . . . 11	Время установления $t_E$ . . . . . 30
Термисторы для температурных измерений . . . . . 2	Датчики . . . . . 12	<b>ЗАМЕЧАНИЯ ПО РЕЖИМУ РАБОТЫ</b> . . . . . 30
Термисторы для ограничения тока . . . . . 2	Термисторы для ограничения тока . . . . . 15	Температурная зависимость сопротивления . . . . . 30
<b>ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ТЕРМИСТОРОВ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ТКС</b> . . . . . 3	<b>НОРМАЛИЗОВАННЫЕ R/T – ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМИСТОРОВ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ТКС</b> . . . . . 17	Зависимость сопротивления от частоты . . . . . 31
Температурная зависимость сопротивления . . . . . 3	Сопротивление при температуре T . . . . . 17	Зависимость рассеиваемой мощности от температуры позистора . . . . . 31
Коэффициент температурной чувствительности B . . . . . 3	Допуск сопротивления . . . . . 17	Зависимость вольт-амперной характеристики от температуры . . . . . 31
Температурный коэффициент сопротивления $\alpha$ . . . . . 3	Допуск температуры . . . . . 18	<b>ПРИМЕНЕНИЕ ПОЗИСТОРОВ</b> . . . . . 31
Вольтамперные характеристики . . . . . 3	Характеристики . . . . . 18	Позисторы для ограничения тока . . . . . 32
Максимальная мощность рассеяния . . . . . 4	<b>ТЕРМИСТОРЫ С ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ ТКС</b> 28	Работа позистора в схемах ограничения тока . . . . . 32
Коэффициент рассеяния $\delta_{TH}$ . . . . . 4	<b>СВОДНАЯ ТАБЛИЦА ПОЗИСТОРОВ</b> . . . . . 28	Время переключения и ток переключения . . . . . 33
Коэффициент температурной чувствительности $C_{TH}$ . . . . . 4	<b>ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПОЗИСТОРОВ</b> . . . . . 28	Примеры применения . . . . . 33
Постоянная времени охлаждения $\tau_C$ . . . . . 4	Электрически ненагруженные позисторы 28	Позисторы для временных задержек . . . . . 33
Постоянная времени $\tau_A$ . . . . . 4	Температурная зависимость сопротивления . . . . . 28	Применение позисторов для пуска моторов . . . . . 33
<b>ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМИСТОРОВ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ТКС</b> . . . . . 4	Номинальное сопротивление $R_N$ . . . . . 29	Применение позисторов для размагничивания кинескопов . . . . . 34
Применение без учета эффекта саморазогрева . . . . . 4	Минимальное сопротивление $R_{MIN}$ . . . . . 29	Применение позисторов в качестве датчиков уровня . . . . . 34
Температурные измерения . . . . . 4	Опорное сопротивление $R_{REF}$ при опорной температуре $T_{REF}$ . . . . . 29	Применение позисторов для измерения и контроля температуры . . . . . 34
Линеаризация R/T-характеристик . . . . . 5	Сопротивление $R_{PTC}$ при температуре $T_{PTC}$ . . . . . 29	Применение позисторов в качестве нагревательных элементов . . . . . 34
Температурная компенсация . . . . . 5	Температурный коэффициент сопротивления $\alpha$ . . . . . 29	<b>СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ПОЗИСТОРОВ</b> . . . . . 34
Применение нелинейной вольт-амперной характеристики (режим саморазогрева) . . . . . 5	Номинальная пороговая температура . . . . . 29	Позисторы для ограничения тока . . . . . 34
Ограничение токов включения . . . . . 5	Электрически нагруженные позисторы . . . . . 29	Дисковые позисторы . . . . . 34
Параллельное и последовательное включение . . . . . 6	Температура поверхности $T_{SURF}$ . . . . . 29	Стержневые позисторы . . . . . 37
Изменение тока нагрузки . . . . . 6	Вольт-амперные характеристики . . . . . 29	Дисковые телефонные позисторы . . . . . 37
Зависимость сопротивления термисторов с отрицательным ТКС от тока . . . . . 6	Ток ограничения $I_K$ . . . . . 30	Позисторы для поверхностного монтажа . . . . . 37
Датчики уровня жидкости . . . . . 6	Номинальный ток $I_N$ и ток переключения $I_S$ . . . . . 30	Позисторы для размагничивания . . . . . 38
Измерение потока и измерения в вакууме . . . . . 6	Ток насыщения $I_R$ . . . . . 30	Импульсные позисторы . . . . . 39
<b>СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ТЕРМИСТОРОВ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ТКС</b> . . . . . 7	Максимально допустимые токи $I_{MAX}$ и $I_{SMAX}$ . . . . . 30	Позисторы для пуска моторов . . . . . 40
Термисторы для температурных измерений . . . . . 7	Максимально допустимое напряжение $V_{MAX}$ , номинальное напряжение $V_N$ , максимальное напряжение измерения $V_{MEAS,MAX}$ и напряжение пробоя $V_D$ . . . . . 30	Позисторы для защиты моторов . . . . . 40
Термисторы для поверхностного монтажа . . . . . 7	Время переключения $t_S$ . . . . . 30	Датчики уровня . . . . . 43
Термисторы дисковые без выводов . . . . . 7	Напряжение изоляции $V_{IS}$ . . . . . 30	Позисторы для измерения и контроля температуры . . . . . 43
Термисторы герметизированные . . . . . 8	Предельное импульсное напряжение $V_P$ . . . . . 30	Позисторы дисковые . . . . . 43
	Постоянная времени теплового охлаждения $t_C$ . . . . . 30	Датчики . . . . . 45
	Постоянная времени $t_A$ . . . . . 30	Позисторы для поверхностного монтажа . . . . . 46
		Нагревательные элементы . . . . . 46

# СВОДНАЯ ТАБЛИЦА ТЕРМИСТОРОВ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ТКС

## ТЕРМИСТОРЫ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ТЕМПЕРАТУРНЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ СОПРОТИВЛЕНИЯ

### СВОДНАЯ ТАБЛИЦА ТЕРМИСТОРОВ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ТЕМПЕРАТУРНЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ СОПРОТИВЛЕНИЯ

#### ТЕРМИСТОРЫ ДЛЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Тип	$T_A, ^\circ\text{C}$	$R_N, \text{Om}$	$T_N, ^\circ\text{C}$	$\Delta T, \text{K}$	$\Delta R/R_N$	Страница
<b>ТЕРМИСТОРЫ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА</b>						
B57620(C620)	-55...125	2.2K...220K	25		$\pm 5\%, \pm 10\%, \pm 20\%$	7
B57621(C621)	-55...125	2.2K...680K	25		$\pm 5\%, \pm 10\%, \pm 20\%$	7
<b>ТЕРМИСТОРЫ ДИСКОВЫЕ БЕЗ ВЫВОДОВ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПРИМЕНЕНИЙ</b>						
B57150(K150)	-55...155	12.5	100		$\pm 5\%$	7
B57220(K220)	-55...250	2.5K	20		$\pm 5\%$	8
B57820(M820)	-55...155	39.6...144	100		$\pm 5\%$	8
<b>ТЕРМИСТОРЫ ГЕРМЕТИЗИРОВАННЫЕ В СТЕКЛЯННОМ КОРПУСЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР</b>						
B57017(K17)	-55...250	2.5K...100K	20		$\pm 5\%, \pm 10\%, \pm 20\%$	8
B57019(K19)	-55...200	12K	20		$\pm 5\%, \pm 10\%, \pm 20\%$	8
B57085(M85)	-55...200	4.7K...100K	25		$\pm 5\%, \pm 10\%, \pm 20\%$	9
B57185(M185)	-55...200	47K, 100K	25		$\pm 3\%, \pm 5\%$	9
B57087(M87)	-55...300	2K...100K	25		$\pm 10\%$	9
<b>ТЕРМИСТОРЫ ДИСКОВЫЕ ВЫВОДНЫЕ ДЛЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ И ТЕМПЕРАТУРНОЙ КОМПЕНСАЦИИ</b>						
B57153(K153)	-55...125	4.7...10	25		$\pm 5\%, \pm 10\%$	9
B57164(K164)	-55...125	15...470K	25		$\pm 5\%, \pm 10\%$	10
B57891(M1891)	-55...155	1K...100K	25		$\pm 5\%, \pm 10\%$	10
B57891(M891)	-55...125	1K...470K	25		$\pm 5\%, \pm 10\%$	10
<b>ТЕРМИСТОРЫ ДИСКОВЫЕ ВЫВОДНЫЕ ДЛЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ</b>						
B57891(S891)	-55...155	2.2K...100K	25		$\pm 0.5 \text{ K}, \pm 1 \text{ K}, \pm 1 \text{ K}$	11
<b>МИНИАТЮРНЫЕ СЕНСОРЫ ДЛЯ ТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ</b>						
B57861(S861)	-55...155	3K...30K	25		$\pm 1\%, \pm 3\%, \pm 5\%$	11
	-40...100	5K	25	$\pm 0.1$		11
B57867(S867)	-55...155	3K...30K	25		$\pm 1\%, \pm 3\%, \pm 5\%$	12
B57863(S863)	-55...155	3K...30K	25	$\pm 0.2, \pm 0.5$		12
B57869(S869)	-55...155	3K...30K	25	$\pm 0.2, \pm 0.5$		12
<b>ДАТЧИКИ</b>						
B57045(K45)	-55...125	1K...150K	25		$\pm 10\%$	12
B57703(M703)	-55...125	10K	25		$\pm 2\%$	13
B57276(K276)	-10...100	1704	80		$\pm 2\%$	13
B57277(K277)	-40...100	2K	5		$\pm 2.5\%$	13
B57227(K227)	-55...155	1.8K	100		$\pm 10\%$	13
B57831(M831)	-10...100	359.3K	50		$\pm 2.5\%$	14
B57020(M2020)	-40...60	16330	0			14
B57912(M912)	-40...100	9K	0		$\pm 2\%$	14
B57010(Z10)	-25...100	10K	25		$\pm 2\%$	15

#### ТЕРМИСТОРЫ ДЛЯ ОГРАНИЧЕНИЯ ТОКА

Тип	$T_A, ^\circ\text{C}$	$R_{25}, \text{Om}$	$P_{25}, \text{Вт}$	$I_{\text{МАК}}, \text{А}$	Страница
B57153(S153)	-55...170	4.7...33	1.4	1.3...3.0	15
B57234(S234)	-55...170	1.0...60	3.6	3.3...11.5	15
B57235(S235)	-55...170	5.0...10.0	1.8	3.0...4.2	15
B57236(S236)	-55...170	2.5...80	2.1	1.6...5.5	16
B57237(S237)	-55...170	1.0...33	3.1	2.5...9.0	16
B57364(S364)	-55...170	1.0...10	5.1	7.5...16.0	16
B57464(S464)	-55...170	1.0	6.7	20	17

**Терморезисторы (термисторы) с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления (ТКС)** представляют собой термически чувствительные кремниевые резисторы, у которых сопротивление уменьшается при увеличении температуры. Отрицательный ТКС термисторов составляет  $-2...-6\%/K$ , что примерно в 10 раз больше чем у металлов.

Изменение сопротивления термисторов с отрицательным ТКС может происходить из-за изменения температуры окружающей среды или за счет внутреннего саморазогрева при протекании через прибор тока, что необходимо учитывать в практических применениях.

## ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ТЕРМИСТОРОВ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ТКС

### ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Зависимость сопротивления термисторов от температуры в интервале температур порядка нескольких десятков градусов аппроксимируется экспоненциальной зависимостью:

$$R_T = R_N \times \exp \left[ B \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_N} \right) \right],$$

где:

- $R_T$  — сопротивление термистора в Ом при температуре  $T$  в К;
- $R_N$  — сопротивление термистора в Ом при температуре  $T_N$  в К;
- $T, T_N$  — температура в К;
- $B$  — постоянный коэффициент, зависящий от свойств материала термисторов.

Данная зависимость — приближенная, так как величина  $B$  в действительности зависит от температуры. На практике используются стандартизованные табличные  $R/T$ -характеристики, приведенные в данной книге. Для некоторых типов резисторов, использующихся при прецизионных измерениях, зависимости приведены с дискретностью в 1 градус.

### КОЭФФИЦИЕНТ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ $B$

Величина  $B$ , как было сказано выше, зависит от температуры. Поэтому необходимо знать температуру определения  $B$ . В справочных данных этой книги приводится величина  $B_{25/100}$ , определяемая по результатам измерений значений сопротивления при температурах  $25^\circ C (T_1)$  и  $100^\circ C (T_2)$  из формулы:

$$B = \frac{T_1 \times T_2}{T_2 - T_1} \times \ln \frac{R_1}{R_2} = 1483.4 \times \ln \frac{R_{25}}{R_{100}}$$

При этом  $R_{25}$  и  $R_{100}$  — значения сопротивлений термистора, измеренные при температурах  $25^\circ C$  и  $100^\circ C$ .

Значения коэффициента  $B$  для большинства термисторов с отрицательным ТКС лежат в пределах 2000...6000 К. **Рис. 1** иллюстрирует зависимость  $R/T$ -характеристики от величины  $B$ .

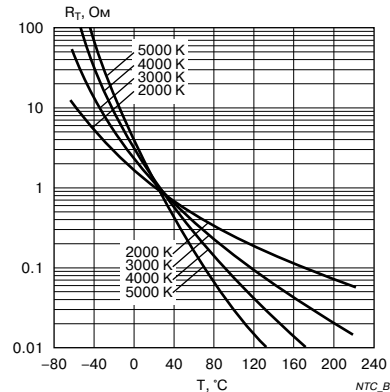
### ТЕМПЕРАТУРНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ СОПРОТИВЛЕНИЯ $\alpha$

Температурный коэффициент сопротивления (ТКС) или  $\alpha$  характеризует относительное изменение сопротивления при изменении температуры на один градус.  $\alpha$  — отношение первой производной сопротивления термистора по температуре к его сопротивлению при заданной температуре.

Для вычислений в малых интервалах температур можно использовать следующие формулы аппроксимации:

$$\alpha = \frac{1}{R} \times \frac{dR}{dT}; \quad \Delta T = \frac{1}{\alpha \times R} \times \Delta R; \quad \Delta R = \alpha \times R \times \Delta T$$

**Рис. 1. Зависимость сопротивление/температура термистора при различных значениях параметра  $B$**



На практике используются стандартизованные табличные  $R/T$ -характеристики. В этих таблицах значения  $\alpha$  для термисторов приводятся с дискретностью  $5^\circ C$ . Для расчетов при температурах, не вошедших в таблицы, необходимо воспользоваться формулами аппроксимации.

### ВОЛЬТ-АМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Для электрически нагруженных термисторов с учетом эффекта саморазогрева применимо следующее соотношение

$$P = V \times I = \frac{dH}{dt} = \delta_{TH} \times (T - T_A) + C_{TH} \times \frac{dT}{dt},$$

где:

- $P$  — приложенная мощность;
- $V$  — мгновенное значение напряжения на термисторе;
- $I$  — мгновенное значение тока через термистор;
- $dH/dt$  — изменение накопленной тепловой энергии с изменением времени;
- $\delta_{TH}$  — коэффициент рассеяния термистора;
- $T$  — мгновенная температура термистора;
- $T_A$  — температура окружающей среды;
- $C_{TH}$  — коэффициент энергетической чувствительности термистора;
- $dT/dt$  — изменение температуры с изменением времени.

При приложении к термистору постоянной электрической мощности, его температура сначала немного увеличивается, затем уменьшается. По истечении определенного времени наступает установившийся тепловой режим. Вследствие теплового равновесия  $dT/dt = 0$ . Тогда

$$V \times I = \delta_{TH} \times (T - T_A).$$

А так как

$$V = R \times I; \quad I = \sqrt{\delta_{TH} \times \frac{T - T_A}{R(T)}}$$

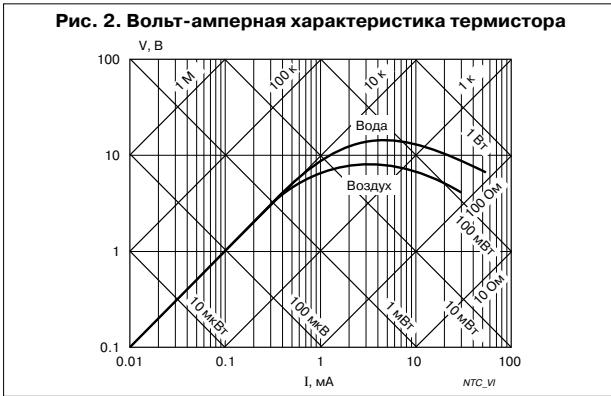
или

$$V = \sqrt{\delta_{TH} \times (T - T_A) \times R(T)}.$$

Эти параметрические уравнения описывают вольт-амперные характеристики температурно-зависимых термисторов с отрицательным ТКС.

# ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ТЕРМИСТОРОВ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ТКС

На **Рис. 2** приведена типовая вольт-амперная характеристика термистора.



На начальном участке характеристики соблюдается линейная зависимость, так как при малых токах выделяющаяся мощность недостаточна для существенного изменения температуры термистора, сопротивление не меняется, поэтому соблюдается закон Ома. При увеличении тока нагрев становится заметным, сопротивление термистора начинает уменьшаться и крутизна характеристики снижается. Достигнув некоторого максимального значения, падение напряжения на термисторе при дальнейшем росте тока начинает уменьшаться.

## МАКСИМАЛЬНАЯ МОЩНОСТЬ РАССЕЯНИЯ

$P_{MAX}$  — наибольшая мощность, которую может рассеивать термистор, не вызывая необратимых изменений параметров. Максимальную мощность можно выразить через коэффициент рассеяния:

$$P_{MAX} = \delta_{TH} \times (T_{MAX} - T_A).$$

## КОЭФФИЦИЕНТ РАССЕЯНИЯ $\delta_{TH}$

Коэффициент рассеяния равен мощности, рассеиваемой на термисторе, при которой его температура повышается на 1°C:

$$\delta_{TH} = \frac{dP}{dT}.$$

При измерении  $\delta_{TH}$  термистор нагружается такой мощностью, при которой его температура  $T_2$  составит 85°C.

$$\delta_{TH} = \frac{V \times I}{T_2 - T_1} = \frac{P}{T_2 - T_1},$$

где:

- $T_1$  — температура окружающей среды;
- $T_2$  — температура термистора (85°C).

## КОЭФФИЦИЕНТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ $C_{TH}$

Коэффициент энергетической чувствительности  $C_{TH}$  равен количеству тепла, необходимого для изменения температуры термистора на 1 К.  $C_{TH}$  измеряется в мДж/К.

$$C_{TH} = \frac{\Delta H}{\Delta T}$$

Взаимосвязь коэффициента энергетической чувствительности, коэффициента рассеяния и постоянной времени выражается зависимостью:

$$C_{TH} = \delta_{TH} \times \tau_{TH}.$$

## ПОСТОЯННАЯ ВРЕМЕНИ ОХЛАЖДЕНИЯ $\tau_C$

Постоянная времени  $\tau_C$  в значительной степени зависит от конструкции термистора. Она равна времени, в течение которого температура электрически ненагруженного термистора изменится на 63.2% от разности температуры термистора и температуры окружающей среды. Для определения  $\tau_C$  резистор внутренне разогревается до температуры 85°C и измеряется время, за которое термистор охладится до 47.1°C при окружающей температуре 25°C. Чем меньше размер прибора, тем меньше время охлаждения.

## ПОСТОЯННАЯ ВРЕМЕНИ $\tau_A$

Постоянная времени  $\tau_A$  равна времени, в течение которого температура электрически ненагруженного термистора, помещенного в среду с температурой 85°C, изменится от 25°C до 62.9°C. Для определения величины постоянной  $\tau_A$  определяется сопротивление термистора при минимальной мощности (для исключения эффекта саморазогрева) при температурах 25°C и 62.9°C. Термистор помещается в жидкость с температурой 25±0.1°C, измеряется его сопротивление для подтверждения достижения температуры жидкости, затем тотчас его помещают в жидкость с температурой 85±0.1°C и, определяя сопротивление при минимальной мощности, измеряют время за которое его температура достигнет 62.9°C. Полученное в результате время есть постоянная времени, характеризующая тепловую инерционность термистора.

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМИСТОРОВ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ТКС

### ПРИМЕНЕНИЕ БЕЗ УЧЕТА ЭФФЕКТА САМОРАЗОГРЕВА

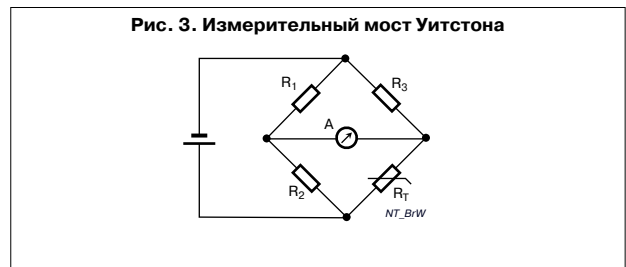
#### Температурные измерения

Высокая чувствительность термисторов с отрицательным ТКС позволяет широко применять их в температурно-чувствительных устройствах.

Критериями для выбора термисторов являются:

- температурный диапазон;
- диапазон сопротивлений;
- измерительная точность;
- окружающая среда;
- время отклика;
- габаритные размеры.

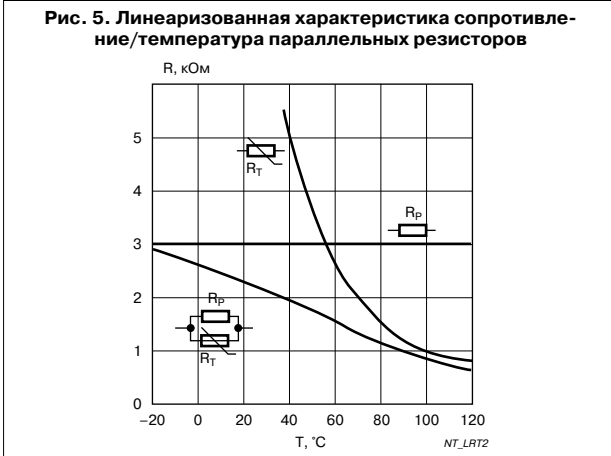
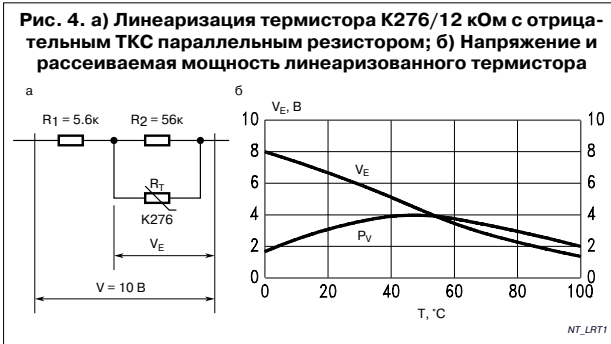
Для температурных измерений используется мостовая схема Уитстона с термистором в одном из плеч моста.



Если мост сбалансирован, то при изменении температуры изменяется сопротивление термистора и через амперметр протекает ток, величина которого зависит от изменения температуры. Изменяя резистор  $R_3$  можно вновь сбалансировать мост.

## Линеаризация R/T-характеристик

Термисторы имеют нелинейную R/T-характеристику. Довольно линейную кривую, необходимую для измерений в широком диапазоне температур, например, для шкал, можно получить последовательным или параллельным включением резисторов. Температурный диапазон при этом расширяется, но тем не менее, не превышает величину от 50 до 100 К.



Комбинация термистора с отрицательным ТКС и параллельного резистора имеет S-образную характеристику с точкой перегиба. Лучшая линеаризация достигается, когда точка перегиба попадает в середину температурного диапазона.

Сопротивление параллельного резистора рассчитывается из экспоненциальной аппроксимации:

$$R_P = R_{TM} \times \frac{B - 2T_M}{B + 2T_M},$$

где:

$R_{TM}$  — значение сопротивления термистора при измеряемой температуре  $T_M$  в К;

$B$  — значение коэффициента температурной чувствительности термистора.

Общее сопротивление параллельных резисторов:

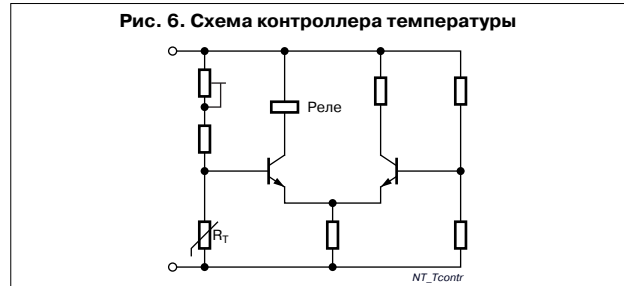
$$R = \frac{R_P \times R_T}{R_P + R_T}.$$

## Температурная компенсация

Все полупроводники имеют относительно высокие температурные коэффициенты. Поэтому термисторы с отрицательным ТКС применяются для компенсации неблагоприятных реакций на изменения тем-

пературы (например, стабилизация рабочей точки мощного транзистора, регулировка яркости жидкокристаллических дисплеев). Термисторы включаются последовательно или дополнительно к шунтам в делителях напряжения и мостовых схемах, обеспечивая необходимую температурную компенсацию элементов электрических цепей.

На **Рис. 6** приведена конфигурация схемы для термостата.



Термисторы с отрицательным ТКС могут быть широко использованы для температурных измерений.

В бытовой электронике: в рефрижераторах и морозильниках, стиральных машинах, электрических плитах, фенах и др. В автомобильной электронике: для измерения температуры охлаждения воды или масла, для слежения за температурой выхлопных газов, нагрева цилиндров и тормозной системы, для контроля температуры в пассажирском отсеке и др.

В системах нагрева и кондиционирования: в распределении затрат на нагрев, для слежения за температурой в помещениях, за температурой форсунок, выхлопных газов, в качестве наружных датчиков и др.

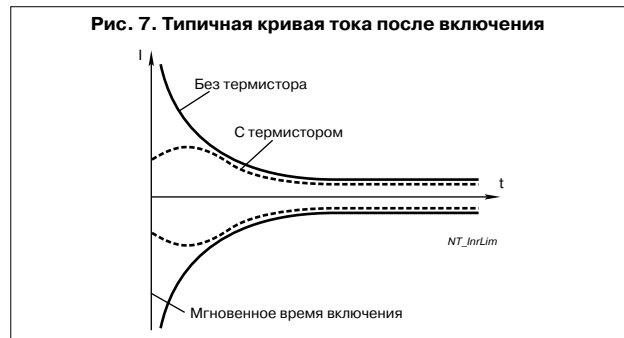
В промышленной электронике: для температурной стабилизации лазерных диодов и фотоэлементов, компенсации рабочей точки термоэлемента и др.

## ПРИМЕНЕНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ (РЕЖИМ САМОРАЗГРЕВА)

### Ограничение токов включения

Импульсные источники питания, электрические моторы и трансформаторы имеют чрезмерно высокие токи при включении, которые могут привести к выходу этих устройств из строя. Применяя термисторы с отрицательным ТКС можно значительно снизить токи включения, для чего следует подсоединить последовательно с нагрузкой термистор.

Термисторы, специально разработанные для таких применений, имеют достаточно высокое сопротивление в холодном состоянии. При протекании тока термистор разогревается и его сопротивление уменьшается в 10...50 раз, снижая потери мощности. То есть



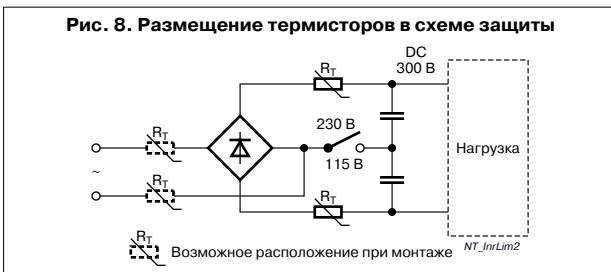
# ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМИСТОРОВ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ТКС

термисторы позволяют эффективно управлять токами включения посредством фиксирующего резистора без потерь мощности и не учитывать влияние малого сопротивления резистора в процессе дальнейшей работы.

Ограничение тока включения используется в промышленной электронике и инженерном оборудовании. Например, во флуоресцентных, прожекторных и галогенных лампах, для ограничения частоты вращения кухонных комбайнов, обеспечения мягкого пуска моторов и импульсных источников питания и т. д.

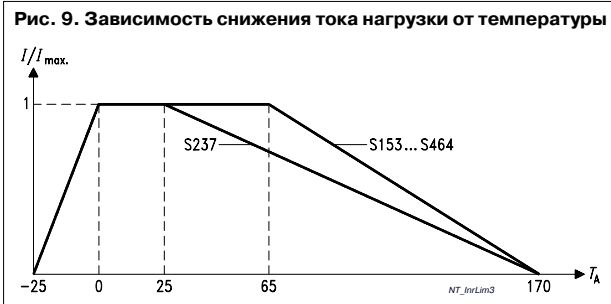
## Параллельное и последовательное включение

Термисторы для ограничения тока всегда включаются последовательно. Если для ограничения тока недостаточно одного термистора, то два или более термисторных элемента включаются последовательно. Параллельное включение нескольких термисторов недопустимо, так как невозможно правильно распределить нагрузку. Термисторы, пропускающие больший ток могут значительно разогреться и выйти из строя, поэтому параллельное включение термисторов возможно, если они не разогреваются.



## Изменение тока нагрузки

Максимальная рассеиваемая мощность термистора не может быть использована во всем температурном диапазоне. Для схем применения, когда важно знать изменение максимального тока в зависимости от окружающей температуры, приводятся графики снижения допустимых значений тока для разных типов термисторов.



Величина  $I_{MAX}$ , приводимая в справочных данных, представляет собой максимально допустимый непрерывный ток (постоянный или эффективное значение переменного синусоидального) в диапазоне температур от 0°C до 65°C (25°C для S237).

## Зависимость сопротивления термисторов с отрицательным ТКС от тока

Зависимость эффективного сопротивления термисторов от тока можно аппроксимировать следующей зависимостью

$$R_{NTC} = k I^n$$

$$\text{при } 0.3 \times I_{MAX} < I < I_{MAX}$$

где:

$R_{NTC}$  — величина сопротивления (Ом);

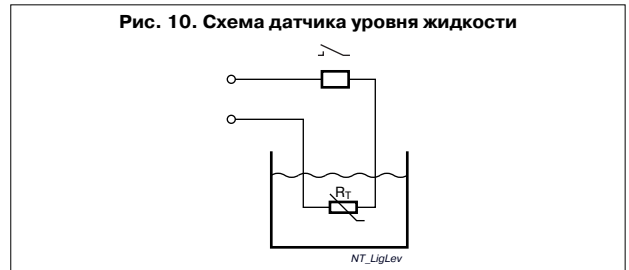
$k, n$  — параметры (приводятся в справочных данных);

$I$  — ток, протекающий через термистор (А).

Расчеты по данной формуле корректны при работе в спокойном воздухе при окружающей температуре 25°C. Приведенная зависимость не является формулой для точных расчетов, а используется для определения пределов ограничения тока при применении термисторов ограничения тока.

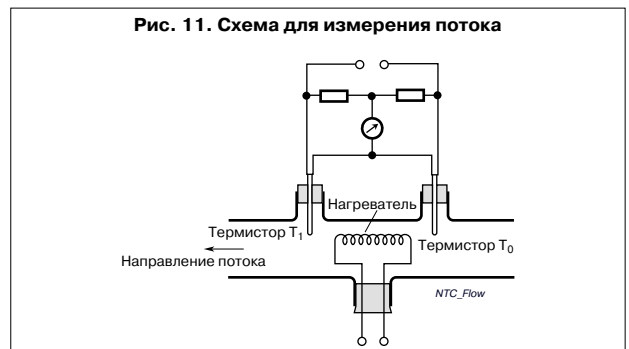
## Датчики уровня жидкости

Температура электрически нагруженного термистора зависит от среды, в которую помещен прибор. Если термистор находится в жидкости, то коэффициент рассеяния увеличивается, температура уменьшается, падение напряжения на термисторе увеличивается. Благодаря этому эффекту термистор можно использовать в качестве датчика наличия или отсутствия жидкости. Особенно для таких целей подходят герметизированные в стекло термисторы. Стекло защищает термистор от воздействия жидкости и обеспечивает достаточно хороший тепловой контакт. Например, термисторы типа K17, M85.



## Измерение потока и измерения в вакууме

Так как термистор при измерениях электрически нагружен, то его температура и сопротивление зависят от состояния окружающей среды. В воздушном потоке температура термистора уменьшается, а сопротивление возрастает. В вакууме, наоборот, температура увеличивается, а сопротивление уменьшается. Следовательно, термистор можно использовать для наблюдения за вентиляцией, измерения потоков газов и при измерениях в вакууме. Например, термисторы типа K17, K19.



# СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ТЕРМИСТОРОВ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ТКС

## СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ТЕРМИСТОРОВ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ТКС

### ТЕРМИСТОРЫ ДЛЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

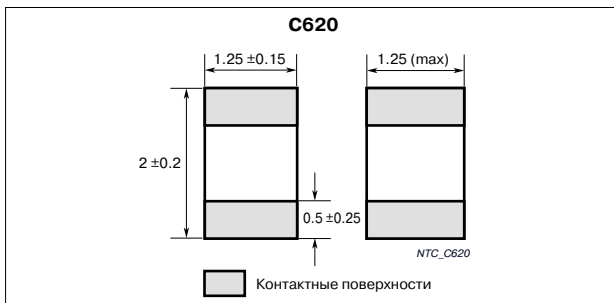
#### Термисторы для поверхностного монтажа

C620 – термисторы для измерений и регулирования температуры и температурной компенсации элементов электрических цепей в гибридных схемах и схемах, выполненных по технологии поверхностного монтажа. Серебряно-палладиевые контактные поверхности.

Температура окружающей среды	$T_A$	-55...+125	°C
Номинальная температура	$T_N$	25	°C
Максимальная мощность рассеяния при температуре 25°C	$P_{25}$	210	мВт
Допуск сопротивления	$\Delta R/R_N$	$\pm 5, \pm 10, \pm 20$	%
Допуск коэффициента температурной чувствительности	$\Delta B/B$	$\pm 3$	%
Коэффициент рассеяния	$\delta_{ТН}$	~3.5	мВт/К
Постоянная времени охлаждения	$\tau_c$	~10	с
Коэффициент энергетической чувствительности	$C_{ТН}$	~35	мДж/К
Масса		~13	мг

Тип	$R_{25}, \text{ Ом}$	№ R/T-характеристики	$B_{25/100}, \text{ К}$	Код для заказа
C620/2,2k/+	2.2K	1304	3300	B57620-C222-+62
C620/4,7k/+	4.7K	1307	3560	B57620-C472-+62
C620/10k/+	10K	1011	3730	B57620-C103-+62
C620/22k/+	22K	2003	3980	B57620-C223-+62
C620/47k/+	47K	2101	4100	B57620-C473-+62
C620/100k/+	100K	2004	4100	B57620-C104-+62
C620/220k/+	220K	2904	4300	B57620-C224-+62

+ J для  $\Delta R/R_N = \pm 5\%$ ; + K для  $\Delta R/R_N = \pm 10\%$ ; + M для  $\Delta R/R_N = \pm 20\%$

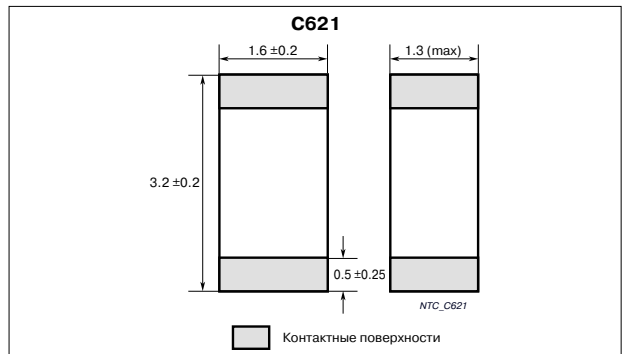


C621 — термисторы для измерений и регулирования температуры и температурной компенсации элементов электрических цепей в гибридных схемах и схемах, выполненных по технологии поверхностного монтажа. Серебряно-палладиевые контактные поверхности.

Температура окружающей среды	$T_A$	-55...+125	°C
Номинальная температура	$T_N$	25	°C
Максимальная мощность рассеяния при температуре 25°C	$P_{25}$	300	мВт
Допуск сопротивления	$\Delta R/R_N$	$\pm 5, \pm 10, \pm 20$	%
Допуск коэффициента температурной чувствительности	$\Delta B/B$	$\pm 3$	%
Коэффициент рассеяния	$\delta_{ТН}$	~5	мВт/К
Постоянная времени охлаждения	$\tau_c$	~10	с
Коэффициент энергетической чувствительности	$C_{ТН}$	~50	мДж/К
Масса		~18	мг

Тип	$R_{25}, \text{ Ом}$	№ R/T-характеристики	$B_{25/100}, \text{ К}$	Код для заказа
C621/2,2k/+	2.2K	1308	3060	B57621-C222-+62
C621/3,3k/+	3.3K	1309	3520	B57621-C332-+62
C621/4,7k/+	4.7K	1309	3520	B57621-C472-+62
C621/10k/+	10K	1010	3530	B57621-C103-+62
C621/15k/+	15K	1008	3560	B57621-C153-+62
C621/22k/+	22K	1008	3560	B57621-C223-+62
C621/33k/+	33K	2003	3980	B57621-C333-+62
C621/47k/+	47K	2001	3920	B57621-C473-+62
C621/68k/+	68K	2001	3920	B57621-C683-+62
C621/100k/+	100K	4901	3950	B57621-C104-+62
C621/150k/+	150K	2004	4100	B57621-C154-+62
C621/220k/+	220K	2903	4200	B57621-C224-+62
C621/330k/+	330K	1014	4250	B57621-C334-+62
C621/470k/+	470K	1014	4250	B57621-C474-+62
C621/680k/+	680K	4002	4250	B57621-C684-+62

+ J для  $\Delta R/R_N = \pm 5\%$ ; + K для  $\Delta R/R_N = \pm 10\%$ ; + M для  $\Delta R/R_N = \pm 20\%$

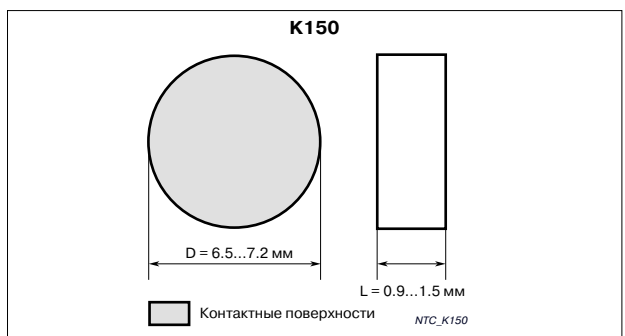


#### Термисторы дисковые без выводов

K150 — термисторы дисковые для измерений и регулирования температуры водяного и масляного охлаждения. Фронтальные контактные поверхности посеребренные.

Температура окружающей среды	$T_A$	-55...+155	°C
Номинальная температура	$T_N$	100	°C
Максимальная мощность рассеяния при температуре 25°C	$P_{25}$	450	мВт
Допуск сопротивления	$\Delta R/R_N$	$\pm 5$	%
Допуск коэффициента температурной чувствительности	$\Delta B/B$	$\pm 1.5$	%
Коэффициент рассеяния (на воздухе)	$\delta_{ТН}$	~5	мВт/К
Постоянная времени охлаждения (на воздухе)	$\tau_c$	~7	с
Коэффициент энергетической чувствительности	$C_{ТН}$	~35	мДж/К
Масса		~0.3	г

Тип	$R_{100}, \text{ Ом}$	$R_{25}, \text{ Ом}$	№ R/T-характеристики	$B_{25/100}, \text{ К}$	Код для заказа
K150/130/A1	12.5	127.9	1306	3450	B57150-K131-A1



# СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ТЕРМИСТОРОВ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ТКС

**K220** — термисторы дисковые для измерений и регулирования температуры водяного и масляного охлаждения. Фронтальные контактные поверхности посеребренные.

Температура окружающей среды	$T_A$	-55...+250	°C
Номинальная температура	$T_N$	20	°C
Максимальная мощность рассеяния при температуре 25°C	$P_{25}$	180	мВт
Допуск сопротивления	$\Delta R/R_N$	±5	%
Допуск коэффициента температурной чувствительности	$\Delta B/B$	±1.5	%
Коэффициент рассеяния (на воздухе)	$\delta_{TH}$	~1	мВт/К
Постоянная времени охлаждения (на воздухе)	$\tau_c$	~5	с
Коэффициент энергетической чувствительности	$C_{TH}$	~5	мДж/К
Масса		~50	мг

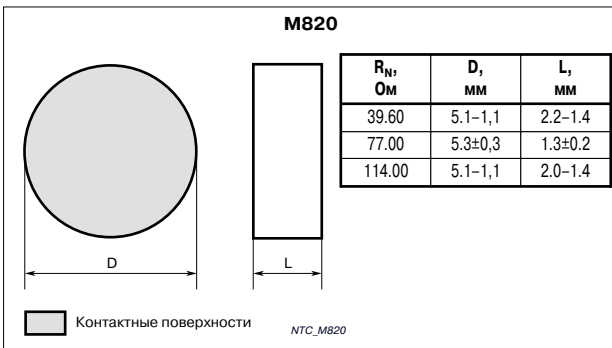
Тип	$R_{20}$ , Ом	$R_{25}$ , Ом	№ R/T-характеристики	$B_{25/100}$ , К	Код для заказа
K220/2.1к/А3	2.5K	2056.9	1008	3560	B57220-K212-A3



**M820** — термисторы дисковые для измерений и регулирования температуры водяного и масляного охлаждения. Фронтальные контактные поверхности посеребренные.

Температура окружающей среды	$T_A$	-55...+155	°C
Номинальная температура	$T_N$	100	°C
Максимальная мощность рассеяния при температуре 25°C	$P_{25}$	180	мВт
Допуск сопротивления	$\Delta R/R_N$	±5	%
Допуск коэффициента температурной чувствительности	$\Delta B/B$	±1.5	%
Коэффициент рассеяния (на воздухе)	$\delta_{TH}$	~3	мВт/К
Постоянная времени охлаждения (на воздухе)	$\tau_c$	~30	с
Коэффициент энергетической чувствительности	$C_{TH}$	~100	мДж/К
Масса		~0.1	г

Тип	$R_{100}$ , Ом	$R_{25}$ , Ом	№ R/T-характеристики	$B_{25/100}$ , К	Код для заказа
M820/560/A5	39.60	560.2	1009	3930	B57820-M561-A5
M820/840/A4	77.00	843.2	1006	3550	B57820-M841-A4
M820/2.1к/A1	144.00	2052.6	2002	3940	B57820-M212-A1



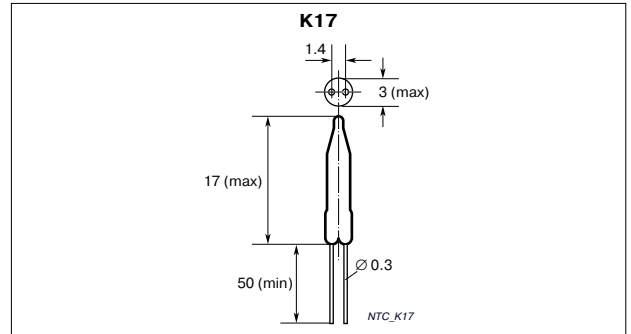
## Термисторы герметизированные

**K17** — термисторы герметизированные изолированные в стеклянном корпусе для температурных измерений и регулирования температуры. Посеребренные Fe/Ni-выводы.

Температура окружающей среды	$T_A$	-55...+250	°C
Номинальная температура	$T_N$	20	°C
Максимальная мощность рассеяния при температуре 25°C	$P_{25}$	140	мВт
Допуск сопротивления	$\Delta R/R_N$	±5, ±10, ±20	%
Допуск коэффициента температурной чувствительности	$\Delta B/B$	±3	%
Коэффициент рассеяния (на воздухе)	$\delta_{TH}$	~0.8	мВт/К
Постоянная времени охлаждения (на воздухе)	$\tau_c$	~3	с
Коэффициент энергетической чувствительности	$C_{TH}$	~2.4	мДж/К
Масса		~0.3	г
Сопротивление изоляции	$R_{is}$	>100	МОм

Тип	$R_{20}$ , Ом	$R_{25}$ , Ом	№ R/T-характеристики	$B_{25/100}$ , К	Код для заказа
K17/2.1к/+	2.5K	2.067K	1018	3430	B57017-K212-+
K17/3.3к/+	4K	3.307K	1101	3430	B57017-K332-+
K17/8.2к/+	10K	8.268K	1101	3430	B57017-K822-+
K17/80.0к/+	100K	80.380K	4005	3950	B57017-K803-+

+: J для  $\Delta R/R_N = \pm 5\%$ ; +: K для  $\Delta R/R_N = \pm 10\%$ ; +: M для  $\Delta R/R_N = \pm 20\%$



**K19** — термисторы герметизированные в стеклянном корпусе для температурных измерений. Платиновые выводы.

Температура окружающей среды	$T_A$	-55...+200	°C
Номинальная температура	$T_N$	20	°C
Максимальная мощность рассеяния при температуре 25°C	$P_{25}$	18	мВт
Допуск сопротивления	$\Delta R/R_N$	±5, ±10, ±20	%
Допуск коэффициента температурной чувствительности	$\Delta B/B$	±3	%
Коэффициент рассеяния (на воздухе)	$\delta_{TH}$	~0.14	мВт/К
Постоянная времени охлаждения (на воздухе)	$\tau_c$	~0.4	с
Коэффициент энергетической чувствительности	$C_{TH}$	~56	мДж/К
Масса		~0.3	г

Тип	$R_{20}$ , Ом	$R_{25}$ , Ом	№ R/T-характеристики	$B_{25/100}$ , К	Код для заказа
K19/9.9к/+	12K	9.921K	1101	3430	B57019-K992-+

+: J для  $\Delta R/R_N = \pm 5\%$ ; +: K для  $\Delta R/R_N = \pm 10\%$ ; +: M для  $\Delta R/R_N = \pm 20\%$

