



**TIQXMMI**

TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO'JALIGINI  
MEKhanizatsiyalash Muhandislari Instituti

# ПРЕЗЕНТАЦИЯ

ПО ВЦТ

ТЕМА: **«Резистор»**

# РЕЗИСТОР



- ▶ **Рези́стор** (англ. *resistor*, от лат. *resisto* — сопротивляюсь), — пассивный элемент электрической цепи, который нужен для ослабления тока. Он нужен даже при полной экономии энергии, так как лишний ток не куда не денешь.
- ▶ **Обозначение резисторов на схемах**
- ▶ а) обозначение, принятое в России и в Европе
- ▶ б) принятое в США
- ▶ По зависимости от внешних условий:
- ▶ постоянные резисторы — номинал сопротивления не управляется,
- ▶ переменные управляемые резисторы:
  - ▶ потенциометры,
  - ▶ реостаты,
  - ▶ подстроечные резисторы,
- ▶ специальные резисторы, например:
  - ▶ Нелинейные - вольт-амперной характеристика нелинейна,
  - ▶ терморезисторы — сопротивление зависит от температуры,
  - ▶ Фоторезисторы — сопротивление зависит от освещённости,
  - ▶ тензорезисторы — сопротивление зависит от деформации резистора,
  - ▶ магниторезисторы — сопротивление зависит от величины магнитного поля.

# КОНДЕНСАТОР

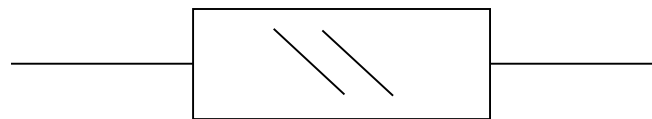
- ▶ **Конденсáтор** (от лат. *condense* — «уплотнять», «сгущать») — двухполюсник с определённым значением ёмкости; устройство для накопления энергии электрического поля. Конденсатор является пассивным электронным компонентом. Обычно состоит из двух электродов в форме пластин (называемых обкладками), разделённых диэлектриком, толщина которого мала по сравнению с размерами обкладок.
- ▶ **Ёмкость**
- ▶ Основной характеристикой конденсатора является его ёмкость, характеризующая способность конденсатора накапливать электрический заряд. В обозначении конденсатора фигурирует значение номинальной ёмкости, в то время как реальная ёмкость может значительно меняться в зависимости от многих факторов. Реальная ёмкость конденсатора определяет его электрические свойства.



**Резистор** - это элемент РЭА, предназначенный для перераспределения и регулирования электрической энергии между элементами схемы. Основной особенностью резистора является то, что электрическая энергия превращается в нем в тепловую и рассеивается.

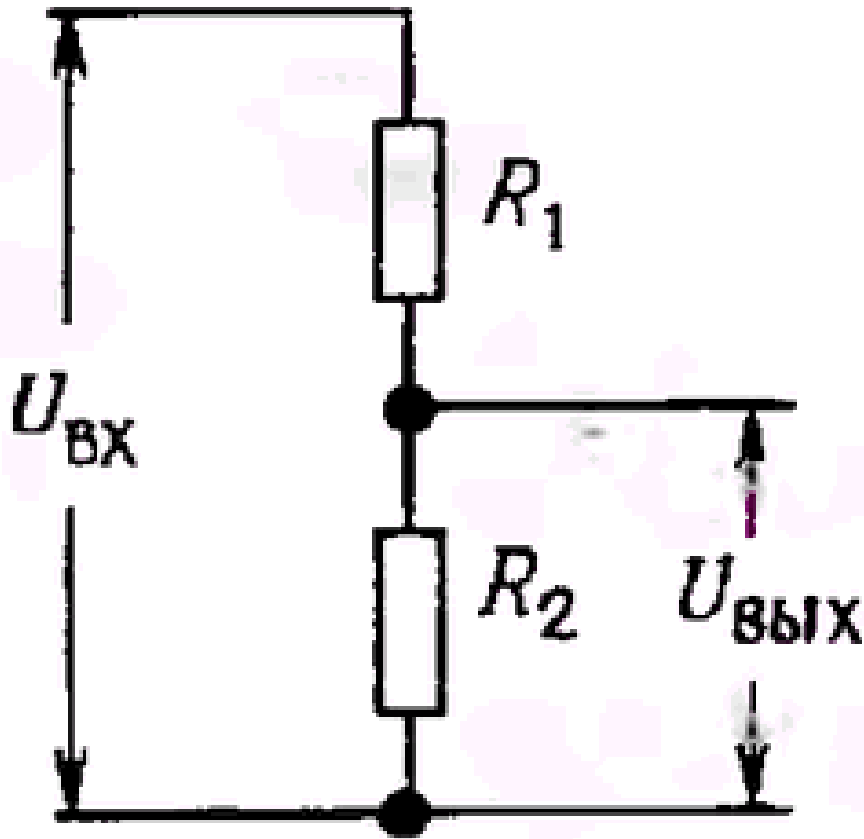


R1 13 K

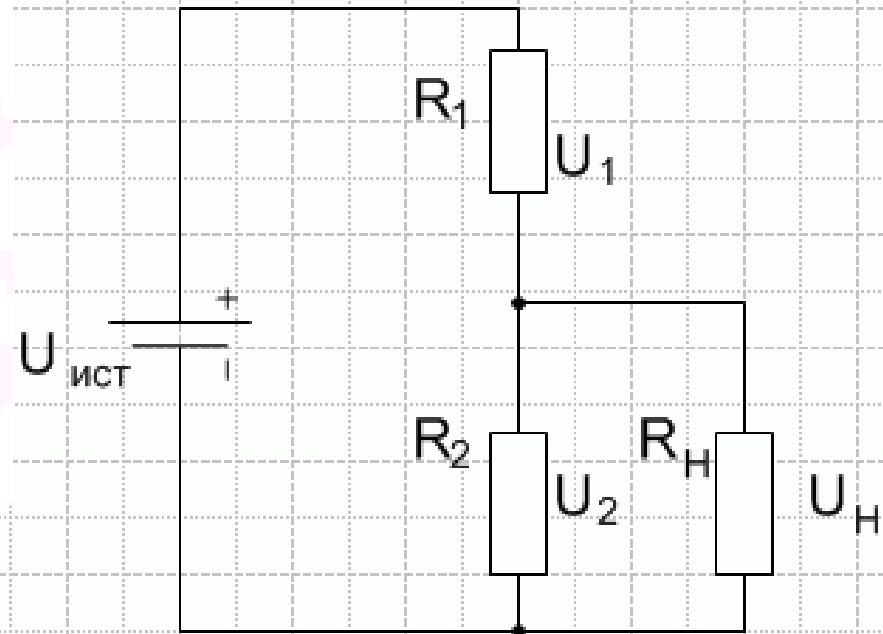


# Делитель напряжения

$$U_{\text{ВЫХ}} = I R_2 = U_{\text{ВХ}} R_2 / (R_1 + R_2).$$

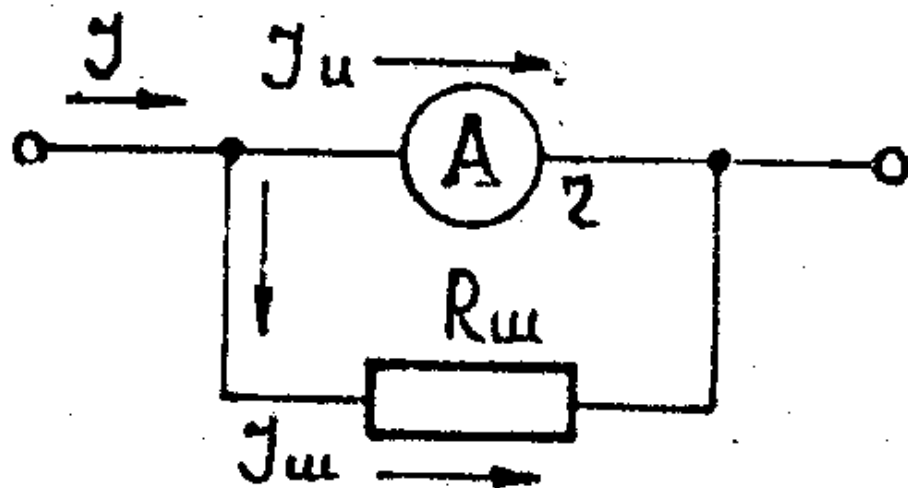
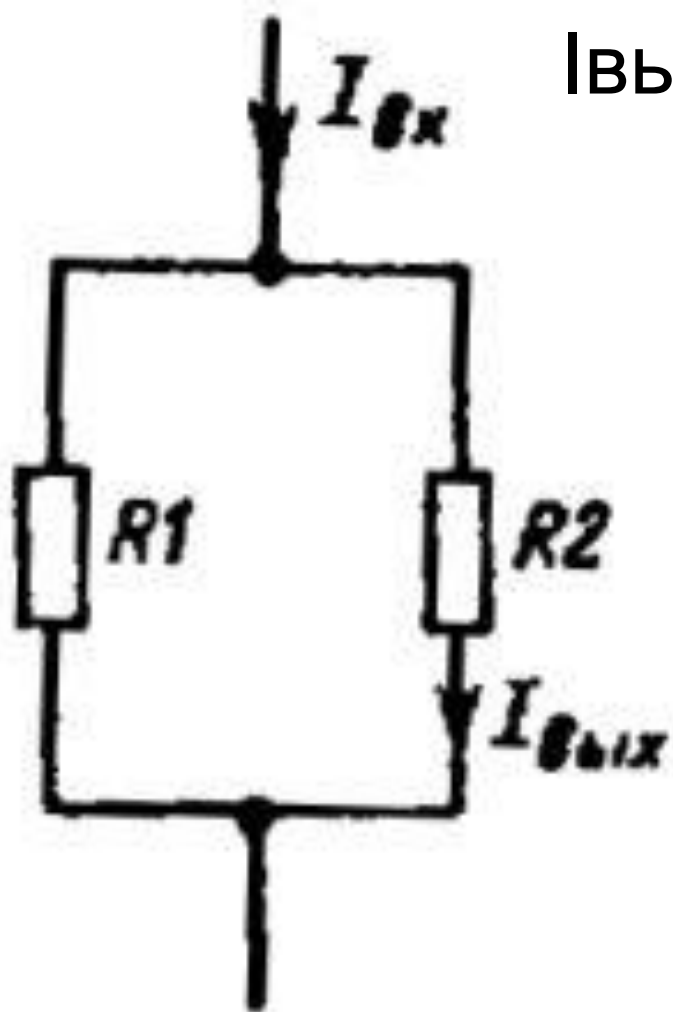


**Необходимо учитывать сопротивление нагрузки!**



# Делитель тока

$$I_{\text{ВЫХ}} = I_{\text{ВХ}} \left( \frac{R1}{R2 + R1} \right)$$



# Вопрос

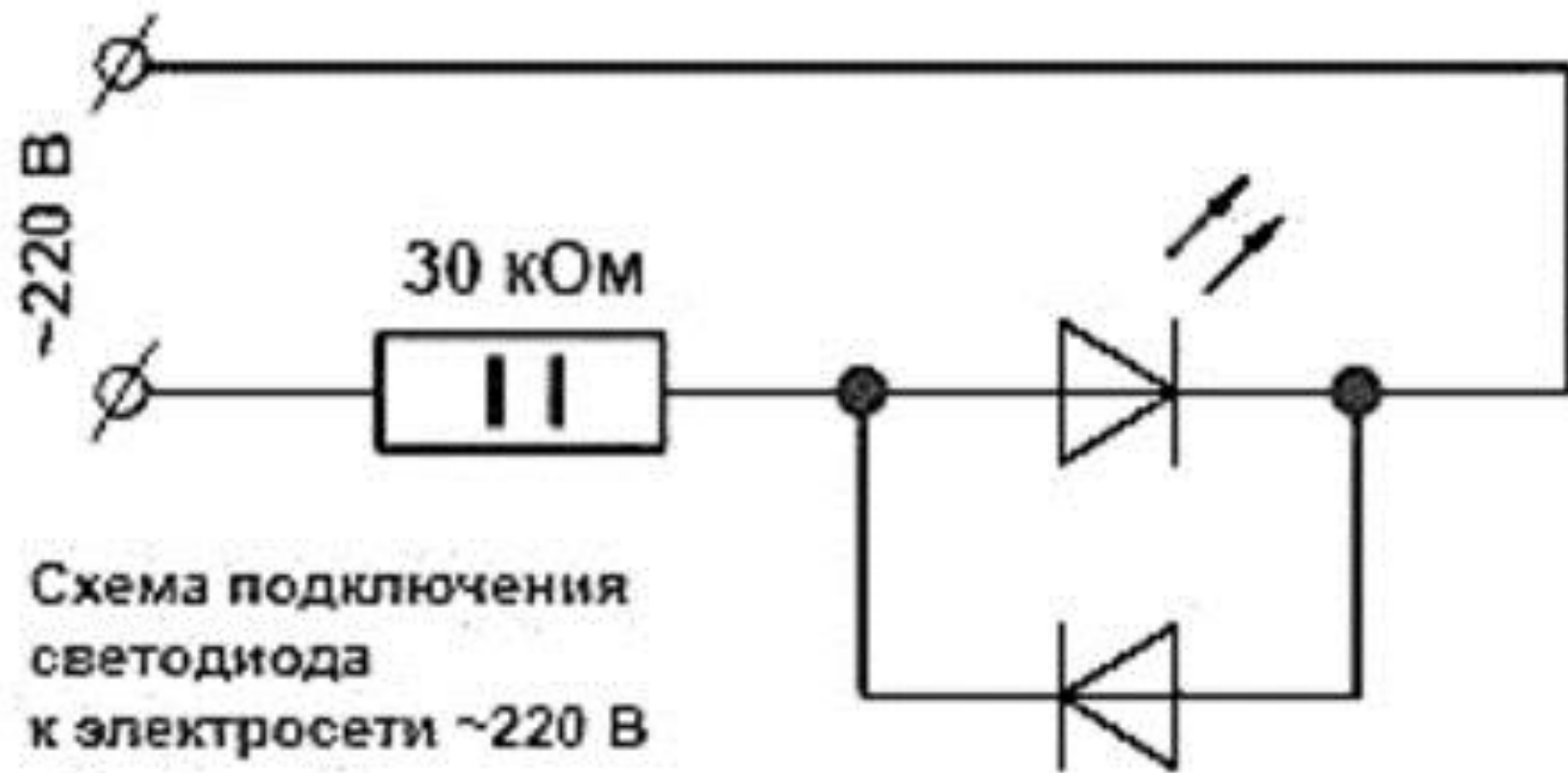


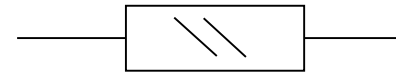
Схема подключения светодиода к электросети  $\sim 220\text{ V}$



# Классификация:

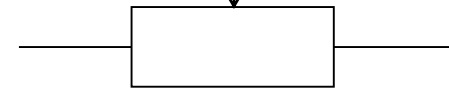
1. Постоянные

R1 5,6 K

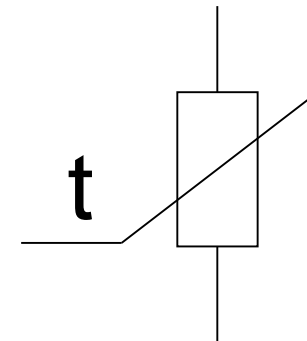


2. Переменные

R14 100 K

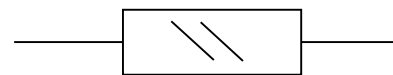


3. Специальные  
(полупроводниковые)





# Постоянные резисторы



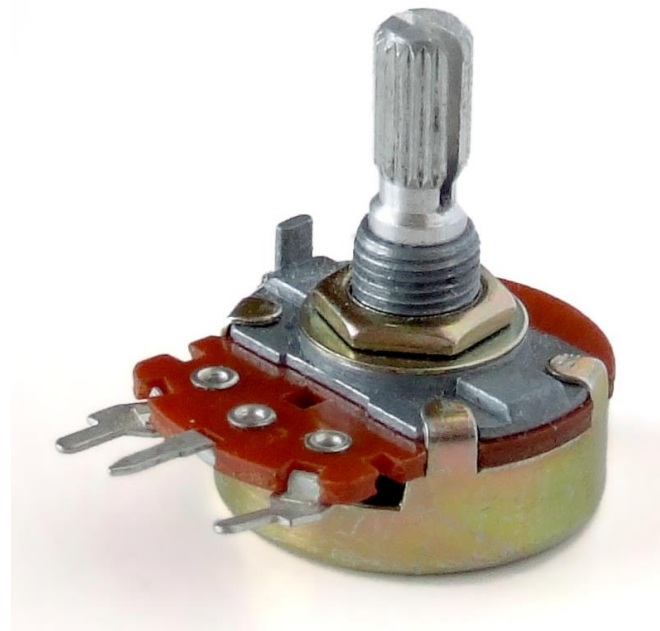
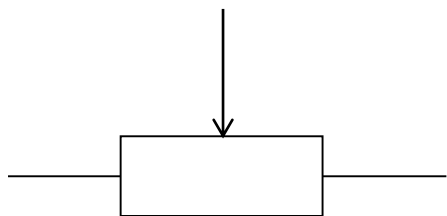
- общего применения,
- точные,
- прецизионные,
- высокочастотные,
- высокоомные,
- высоковольтные.



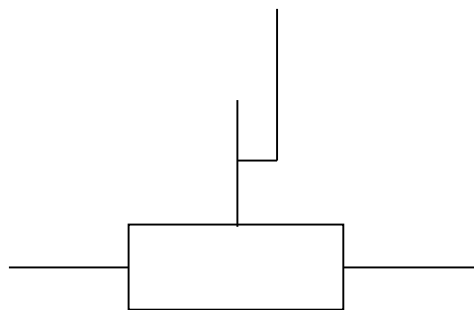
# Переменные резисторы



- регулировочные



- подстроечные

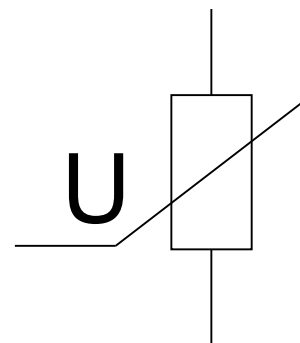


# Специальные резисторы

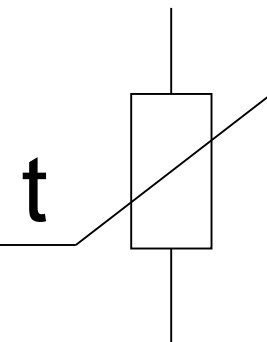


сопротивление нелинейно зависит от внешних факторов:

- величины приложенного напряжения (варисторы),

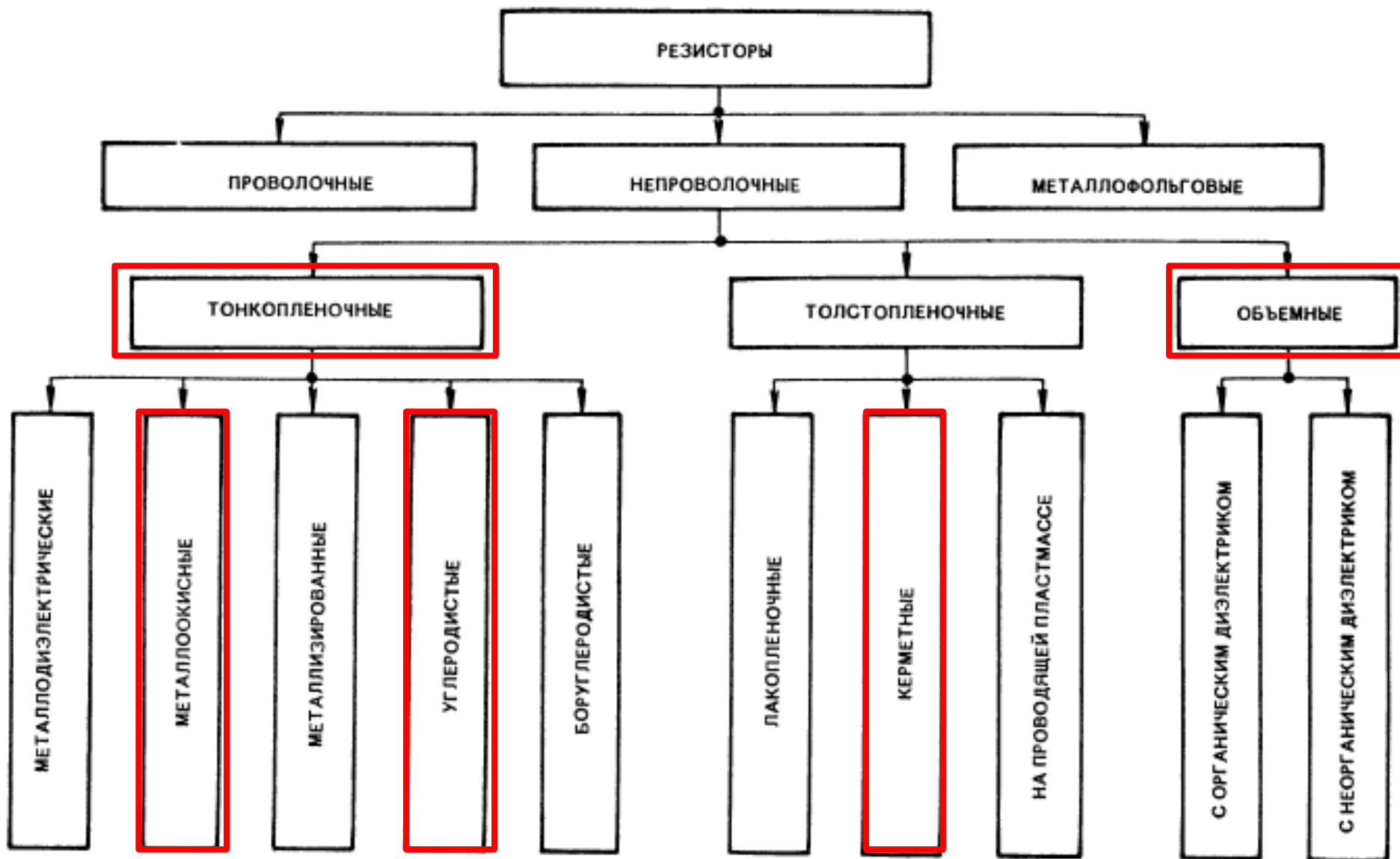


- температуры (терморезисторы),



- освещения (фоторезисторы).

# Классификация по материалу резиста



# Параметры резисторов



**1. Номинальная мощность рассеяния  $P_n$ , Вт.** Это наибольшая допустимая мощность, которую резистор может рассеивать при заданных условиях эксплуатации в течение гарантированного срока службы (обычно 10 тыс. часов).

**$P_R = I^2R$**  – мощность электрического тока, рассеиваемая резистором, Вт;  $I$  – ток через резистор, А;  $R$  – электрическое сопротивление резистора, Ом;

Согласно ГОСТ 10318 и ГОСТ 24013 значения номинальных мощностей рассеяния для вновь разрабатываемых резисторов назначаются из ряда 0,01 – 0,025 – 0,05 – 0,062 – 0,125 – 0,25 – 0,5 – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 8 – 10 – 16 – 25 – 40 – 63 – 80 – 100 – 250 – 500 Вт.



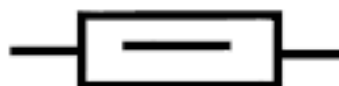
# Обозначение номинальной мощности



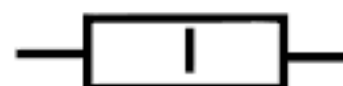
**0,125 Вт**



**0,25 Вт**



**0,5 Вт**



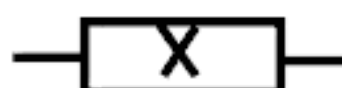
**1 Вт**



**2 Вт**



**5 Вт**



**10 Вт**

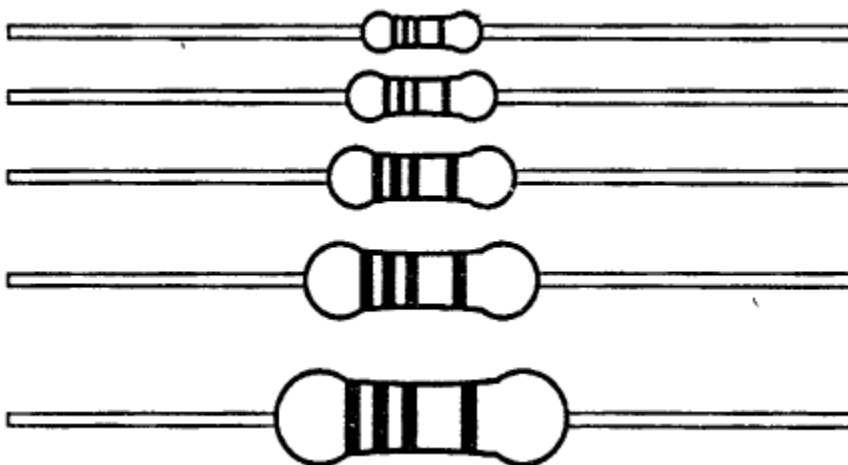
0,062 Вт, 0,125 Вт

0,125 Вт, 0,25 Вт

0,5 Вт

1 Вт

2 Вт



В процессе работы резистор нагревается и температура его перегрева  $\Delta T$  относительно окружающей среды определяется соотношением

$$\Delta T = \frac{P_R}{\alpha S} , \text{ К,}$$

где  $\Delta T = T_R - T_0$

$T_R$  – температура резистора, °С;

$T_0 \approx 20$  °С – температура окружающей среды;

$S$  – площадь поверхности резистора, м<sub>2</sub>;

$\alpha \approx 10$  Вт/К×м<sup>2</sup> – коэффициент теплоотдачи с единицы площади поверхности резистора.

# Параметры резисторов



**2. Номинальное сопротивление  $R_n$ .** Это значение сопротивления, указанное в ТУ на резистор. Согласно ГОСТ 2825 номинальные значения сопротивлений резисторов назначаются из шести десятичных рядов: **E6, E12, E24, E48, E96, E192**. Для переменных резисторов в соответствии с ГОСТ 10318 установлены ряды E6 и E3. Кратные и дольные единицы сопротивления получают путем умножения члена ряда на  $10^k$ , где  $k$  – целое положительное или отрицательное число.



# Параметры резисторов



**3. Допускаемое отклонение сопротивления от номинального значения (допуск)  $\delta R$ , %.** Значения допусков согласованы с номером десятичного ряда, который используется при назначении сопротивления. Согласно ГОСТ 9667 допуски составляют **20%, 10%, 5%, 2%, 1%, 0,5%,...** для значений сопротивлений, назначаемых из десятичных рядов E6...E192, соответственно. Для прецизионных резисторов разрешается назначать меньшие значения допусков – от 0,25% до 0,001%.

# Параметры резисторов



**4. Предельное рабочее напряжение  $U_{\text{пред}}$ .** Это напряжение, устанавливаемое с учетом тепловых процессов в РЭ, электрической прочности резистора, конструкции и размеров резистора и обеспечения длительной работоспособности.

Значение 
$$U_{\text{пред}} = \sqrt{P_{\text{н}} \cdot R_{\text{н}}}$$

Согласно ГОСТ 24013 предельные рабочие напряжения постоянных резисторов устанавливаются из рядов 25 – 50 – 150 – 200 – 250 – 500 – 750 В и 1 – 1,5 – 2,5 – 3 – 4 – 5 – 10 – 25 – 35 – 40 – 60 кВ.

# Параметры резисторов



**5. Температурный коэффициент сопротивления резистора ТКС.** Представляет собой относительное изменение сопротивления резистора при изменении его температуры на один градус:

$$\alpha_{RT} = \frac{\Delta R}{\Delta T} \frac{1}{R} \quad , \text{K}^{-1}.$$

Значение *ТКС* должно быть таким, чтобы в рабочем диапазоне температур величина сопротивления резистора не выходила за пределы допусковых отклонений. Для большинства резисторов значение

$$\alpha_{RT} \approx \pm 10^{-4} \dots 10^{-3} \quad \text{K}^{-1}.$$

# Параметры резисторов

**6. ЭДС шумов резистора  $E_{ш}$ .** Это параметр, который характеризует уровень электрических шумов, возникающих при протекании электрического тока по резистору вследствие неоднородности материала РЭ. Значение ЭДС шумов определяется соотношением

$$E_{ш} = \frac{U_{ш}}{U_{раб}} \quad , \text{ мкВ/В,}$$

где  $U_{ш}$  – действующее напряжение шума, мкВ.

# Параметры переменных резисторов

**7. Функциональная характеристика** представляет зависимость сопротивления  $R$  переменного резистора от угла поворота  $R = f(\varphi)$  или от величины линейного перемещения  $R = f(l)$  скользящего контакта вдоль РЭ. По виду функциональной характеристики переменные резисторы делятся на следующие группы: линейные (типа А); нелинейные (типа Б – логарифмические и типа В – обратнологарифмические); специального назначения (типа И или Е). Функциональные характеристики переменных резисторов представлены на рис. 7.8.

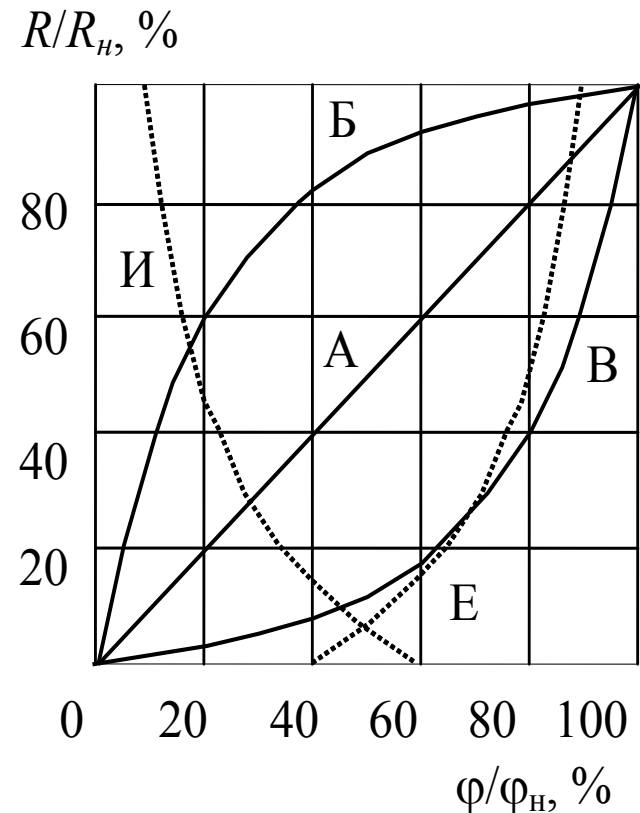


Рис. 7.8. Функциональные характеристики переменных резисторов ( $\varphi_n$  – максимальный угол поворота движка резистора)

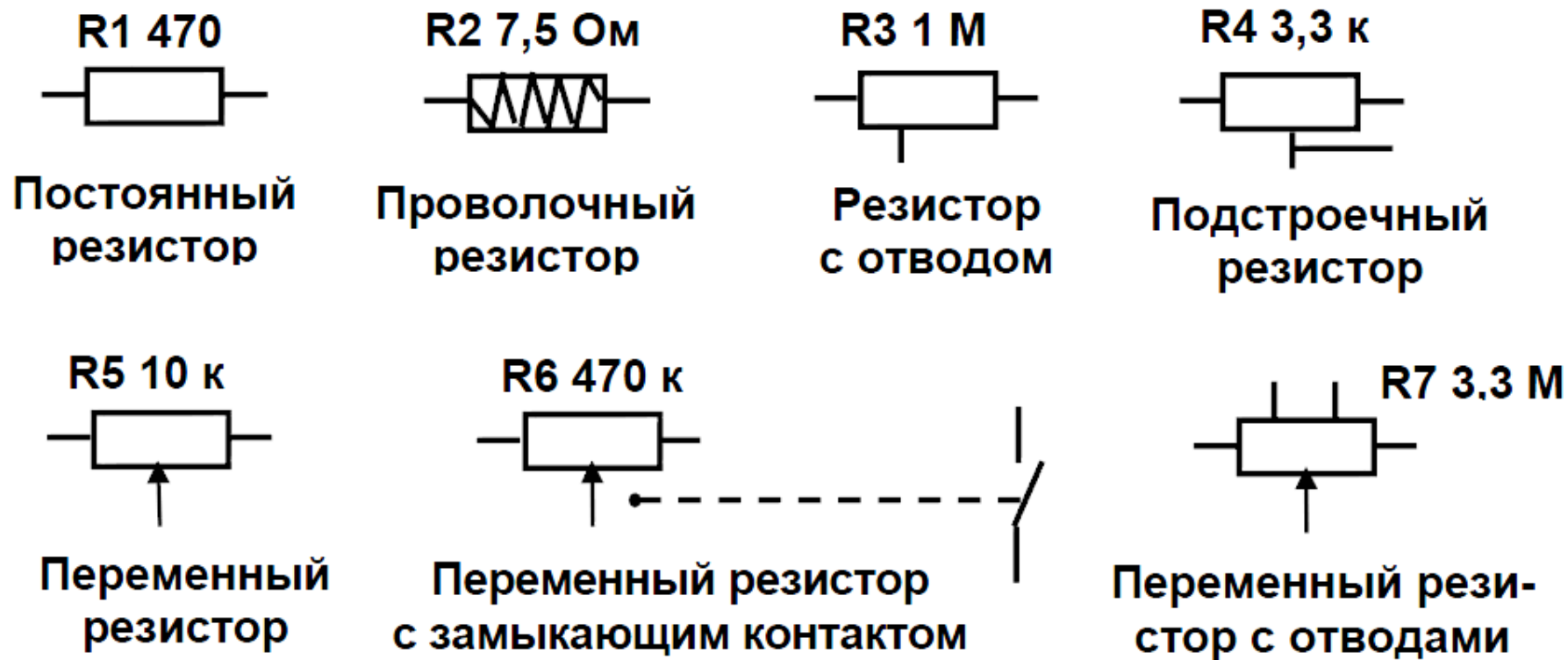
# Параметры переменных резисторов

**8. Износостойкость** переменных резисторов оценивается максимально допустимым числом поворотов (или циклов перемещения от упора до упора и обратно) подвижной системы, при достижении которого параметры резистора еще остаются в пределах норм ТУ.

# Система обозначений



## Условно-графическое обозначение на принципиальных схемах



# Современная система обозначений резисторов

С 1979 г. и по настоящее время система условных обозначений резисторов осуществляется в соответствии с **ОСТ 11.074.009–78** “Классификация и система условных обозначений резисторов”. Согласно этому стандарту тип резистора обозначается буквами или буквами и цифрой:

- *Первый элемент буквенный:*
  - » 1. Р – постоянный резистор,
  - » 2. РП – переменный резистор,
  - » 3. РН – набор резисторов.
- *Второй элемент – цифра:*
  - » 1 – непроволочный резистор,
  - » 2 – проволочный резистор
- *Третий элемент – цифра, обозначающая разновидность конструкции.*



# Современная система обозначений резисторов

- Р** – резистор постоянного сопротивления;
- РП** – резистор переменного сопротивления;
- Р1, РП1** – непроволочные резисторы;
- Р2, РП2** – проволочные резисторы;
- НР** – набор резисторов;
- ТР** – терморезистор с  $TKC < 0$ ;
- ТРП** – терморезистор с  $TKC > 0$ ;
- ВР** – варистор;
- ФР** – фоторезистор.

## Обозначение в перечнях элементов отечественных резисторов



**Первый элемент** – тип резистора;

**второй элемент** – номер разработки резистора;

**третий элемент** – номинальная мощность рассеяния, Вт;

**четвёртый элемент** – номинальное сопротивление;

**пятый элемент** – допускаемое отклонение сопротивления, %;

**шестой элемент** – группа по шумам;

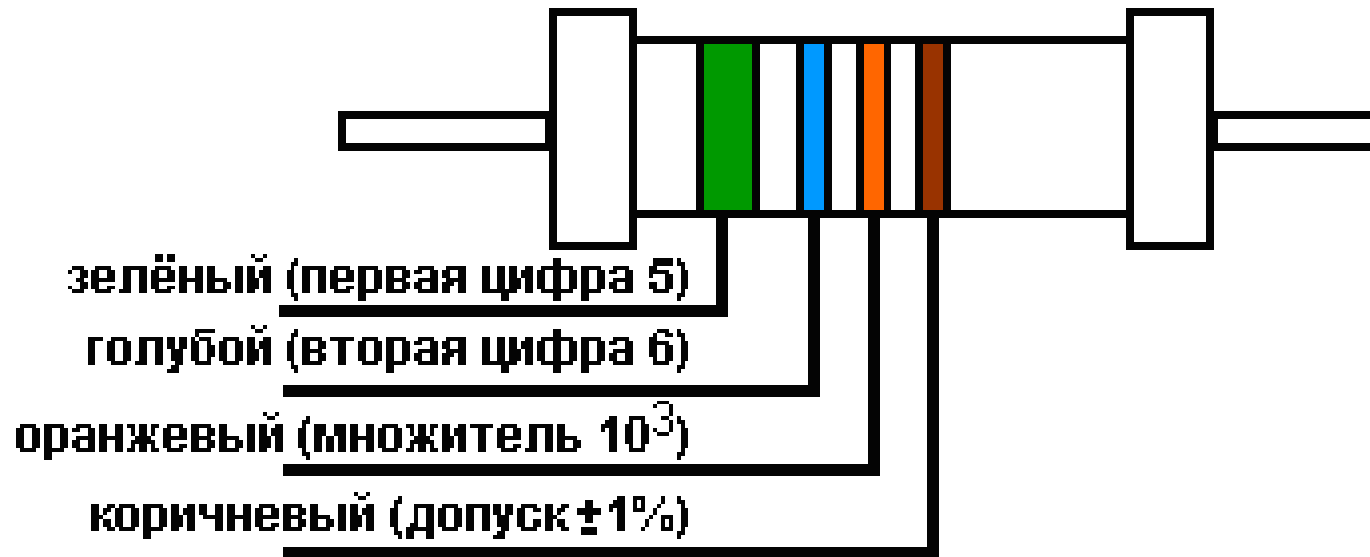
**седьмой элемент** – номер ГОСТ или ТУ.

# Цветовая маркировка резисторов

- Для четырёхполосной маркировки обычных резисторов с точностью 5 и 10 % - золотая или серебряная полоска всегда стоит в конце.
- Для трёхполосочного кода первая полоска стоит ближе к краю резистора, чем последняя.
- Для других вариантов важно, чтобы получалось значение сопротивления из номинального ряда, если не получается, нужно читать наоборот.
- Для резисторов МЛТ-0,125 производства СССР с 4 полосками, первой является полоска, нанесённая ближе к краю; обычно она находится на металлическом стаканчике вывода, а остальные три — на более узком керамическом теле резистора.



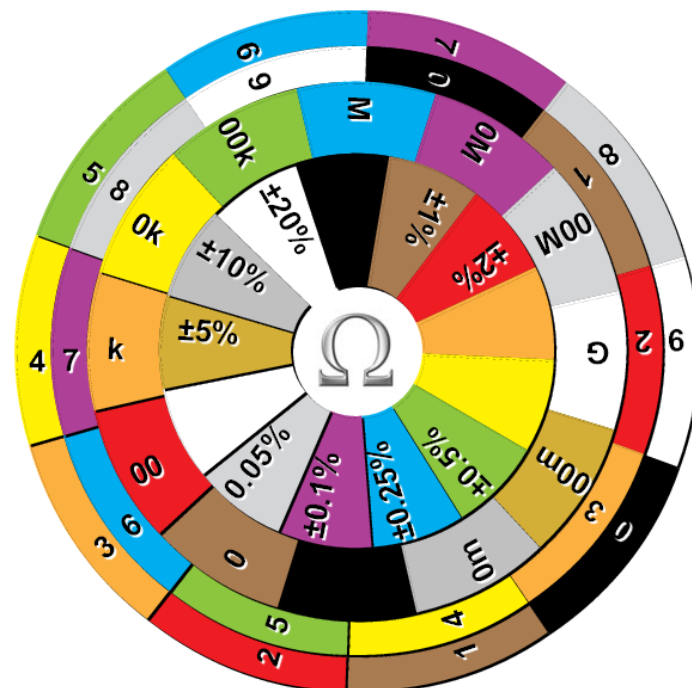
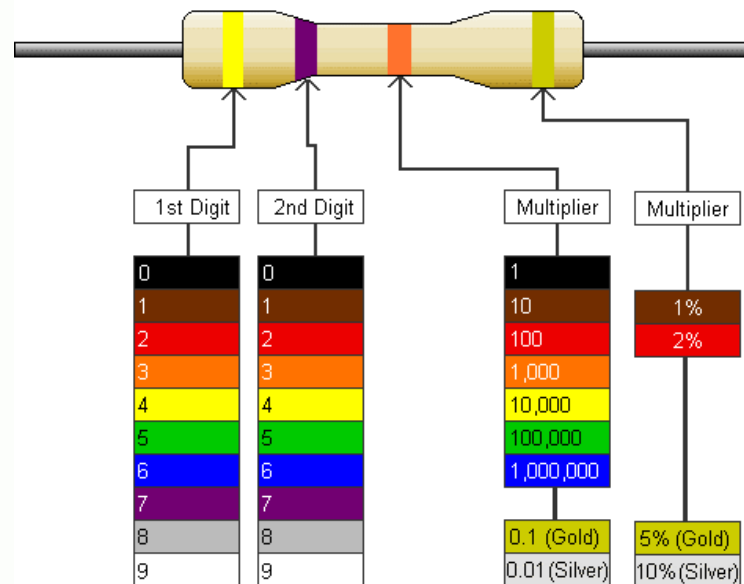
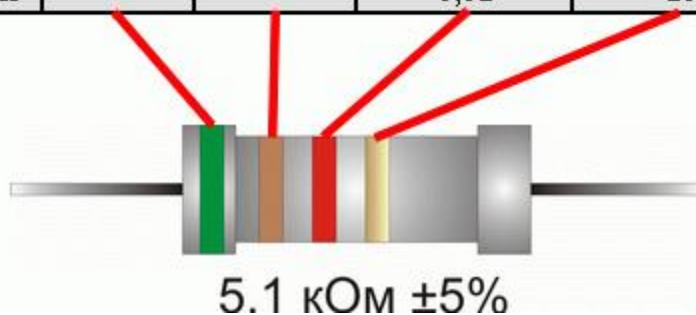
# Пример цветовой маркировки резисторов



*Рис. 7.4.* Маркировка резистора 56 кОм с допуском 1 %

# Цветовое кодирование миниатюрных резисторов

Цвет знака	Номинальное сопротивление, Ом		Множитель	Допуск, %
	Первая полоса	Вторая полоса		
Черный		0	1	
Коричневый	1	1	10	±1
Красный	2	2	100	±2
Оранжевый	3	3	1000	
Желтый	4	4	10 <sup>4</sup>	
Зеленый	5	5	10 <sup>5</sup>	±0,5
Голубой	6	6	10 <sup>6</sup>	±0,25
Фиолетовый	7	7	10 <sup>7</sup>	±0,1
Серый	8	8	10 <sup>8</sup>	
Белый	9	9	10 <sup>9</sup>	
Золотистый		0	0,1	±5
Серебристый			0,01	±10




# Цветовая маркировка резисторов

- Для резисторов с точностью 20 % используют маркировку с тремя полосками, для резисторов с точностью 10 % и 5 % маркировку с четырьмя полосками, для более точных резисторов с пятью или шестью полосками.
- Первые две полоски **всегда** означают первые два знака номинала.
- Если полосок 3 или 4, третья полоска означает десятичный множитель, то есть степень десятки, которая умножается на двузначное число, указанное первыми двумя полосками.
- Если полосок 4, последняя указывает точность резистора.
- Если полосок 5, третья означает третий знак сопротивления, четвёртая — десятичный множитель, пятая — точность.
- Шестая полоска, если она есть, указывает температурный коэффициент сопротивления (ТКС). Если эта полоска в 1,5 раза шире остальных, то она указывает надёжность резистора (% отказов на 1000 часов работы).



# Цветовая маркировка резисторов

- Следует отметить, что иногда встречаются резисторы с 5 полосами, но стандартной (5 или 10 %) точностью.
- В этом случае первые две полосы задают первые знаки номинала, третья — множитель, четвёртая — точность, а пятая — температурный коэффициент. 

Цветовая кодировка резисторов					
Цвет	как число	как десятичный множитель	как точность в %	как ТКС в ppm/°C	как % отказов
серебристый	—	$1 \cdot 10^{-2} = \langle 0,01 \rangle$	10	—	—
золотой	—	$1 \cdot 10^{-1} = \langle 0,1 \rangle$	5	—	—
чёрный	0	$1 \cdot 10^0 = 1$	—	—	—
коричневый	1	$1 \cdot 10^1 = \langle 10 \rangle$	1	100	1 %
красный	2	$1 \cdot 10^2 = \langle 100 \rangle$	2	50	0,1 %
оранжевый	3	$1 \cdot 10^3 = \langle 1000 \rangle$	—	15	0,01 %
жёлтый	4	$1 \cdot 10^4 = \langle 10\ 000 \rangle$	—	25	0,001 %
зелёный	5	$1 \cdot 10^5 = \langle 100\ 000 \rangle$	0,5	—	—
синий	6	$1 \cdot 10^6 = \langle 1\ 000\ 000 \rangle$	0,25	10	—
фиолетовый	7	$1 \cdot 10^7 = \langle 10\ 000\ 000 \rangle$	0,1	5	—
серый	8	$1 \cdot 10^8 = \langle 100\ 000\ 000 \rangle$	—	—	—
белый	9	$1 \cdot 10^9 = \langle 1\ 000\ 000\ 000 \rangle$	—	1	—
отсутствует	—	—	20 %	—	—

### Пример:

Допустим на резисторе видим 4 полосы коричневую, чёрную, красную, золотую. Первые две полосы дают 1 0, третья 100, четвёртая даёт точность 5 %, итого резистор сопротивлением  $10 \cdot 100 \text{ Ом} = 1 \text{ кОм}$ , с точностью  $\pm 5 \%$



## Кодированное обозначение сопротивления

Для обозначения сопротивления резистора применяются следующие единицы измерения:

**R** или **E** - Ом ,

**K** - кОм =  $10^3$  Ом,

**M** - МОм =  $10^6$  Ом,

**G** - ГОм =  $10^9$  Ом,

**T** - ТОм =  $10^{12}$  Ом.



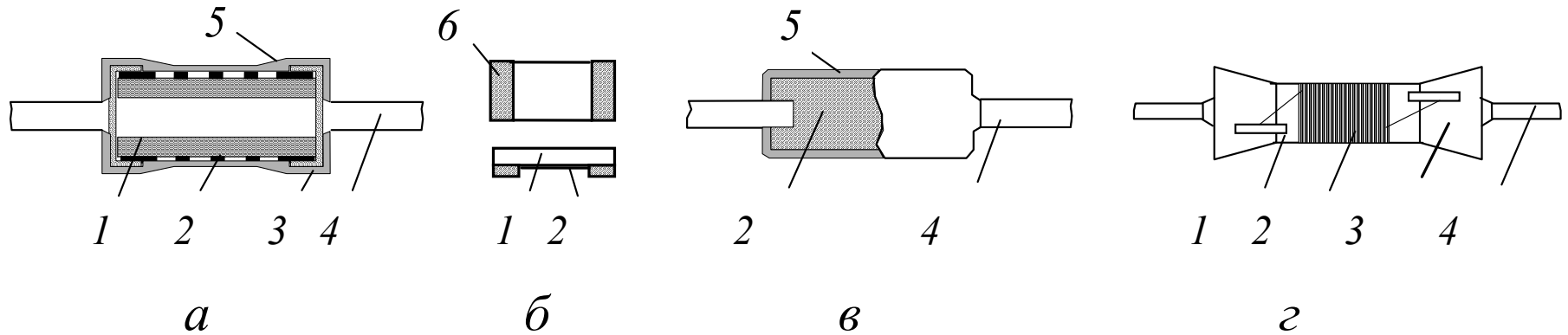
•Пример:

*3K3F = 3,3 кОм ±1%*

*M680J = 0,68 МОм ±5%*



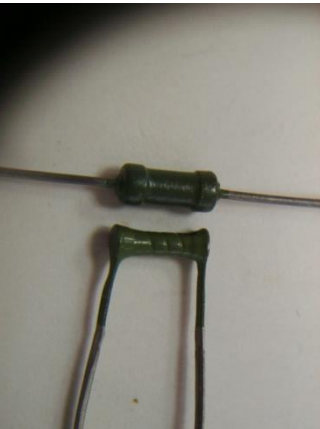
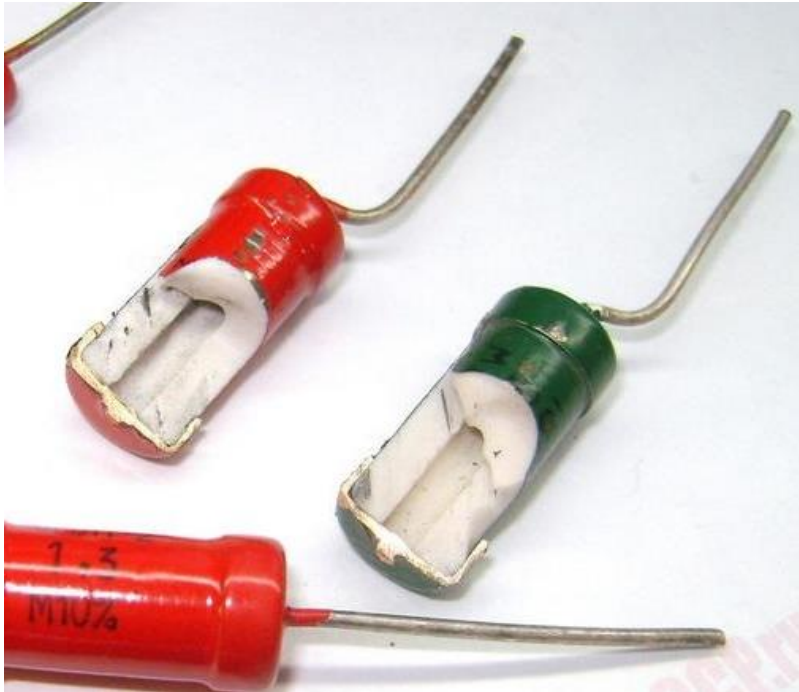
# Конструкции резисторов



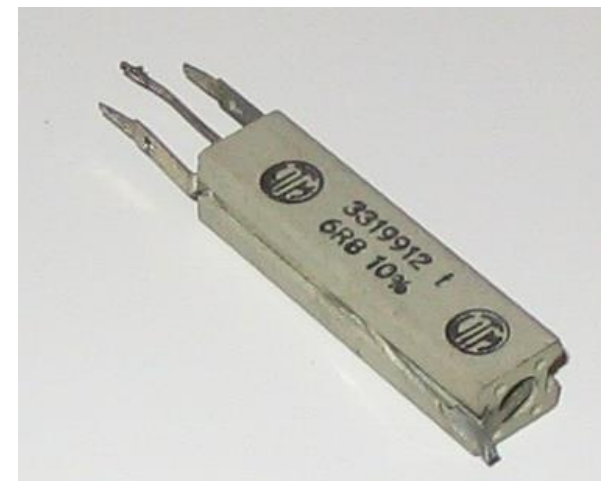
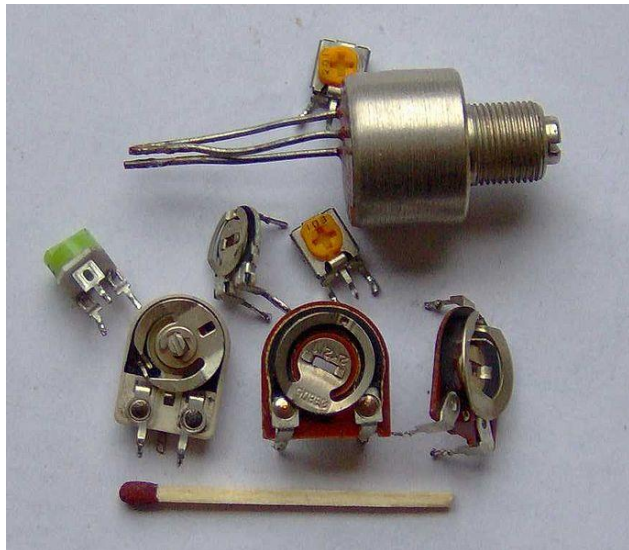
*а* – непроволочный тонкослойный; *б* – непроволочный тонкослойный незащищенный безвыводный; *в* – непроволочный объемный; *г* – проволочный

*1* – изоляционное основание, *2* – резистивный элемент, *3* – выводной колпачок, *4* – вывод, *5* – защитное покрытие, *б* – металлизированная площадка

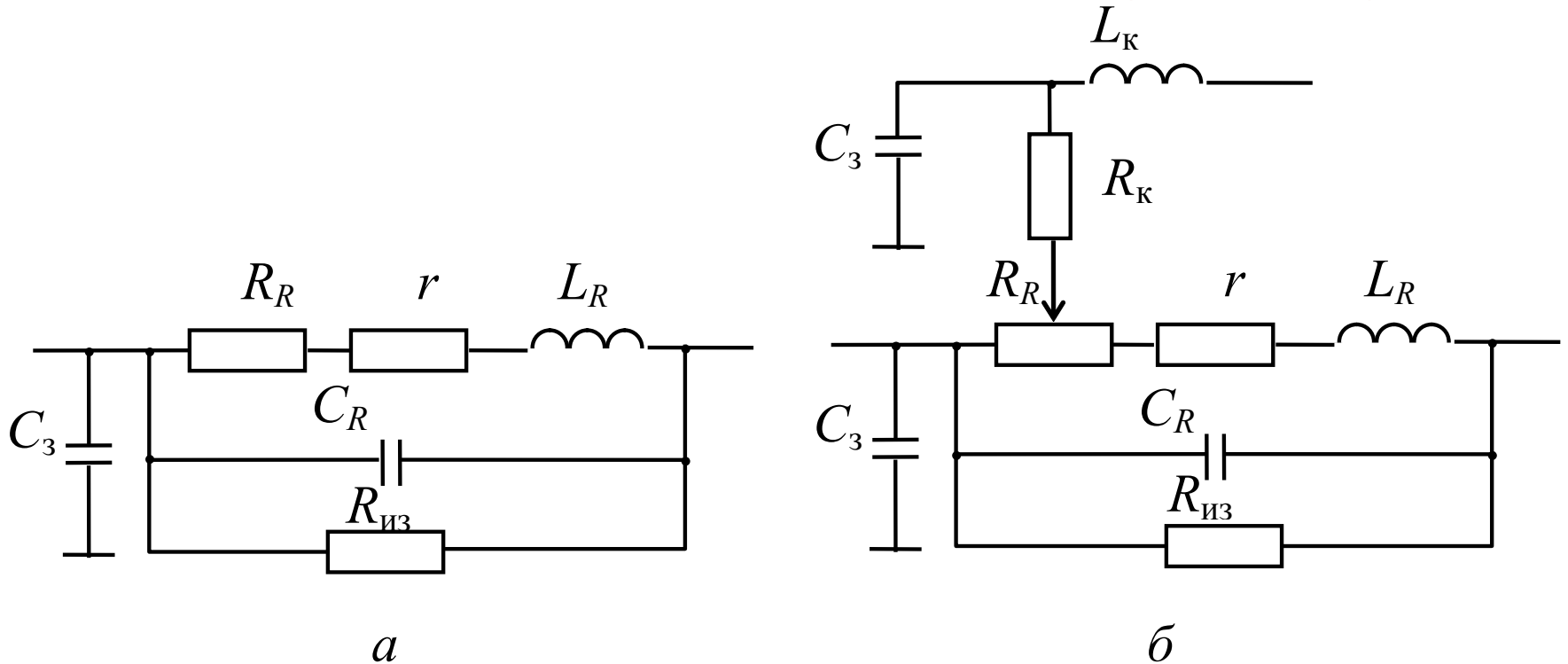
# Конструкции непроволочных тонкослойных резисторов



# Переменные резисторы



# Эквивалентные схемы замещения резисторов



*а* – постоянного резистора; *б* – переменного резистора

$R_R$  – сопротивление ПЭ,  $R_{из}=1$  ГОм – сопротивление изоляции резистора,  $r=0,1...1$  Ом – сопротивление выводов,  $L_R = 10^{-10}...10^{-9}$  Г – индуктивность ПЭ,  $C_R = 10^{-13}...10^{-12}$  Ф – электрическая емкость между выводами резистора,  $C_3 = 10^{-12}$  Ф – электрическая емкость корпуса резистора относительно земли (общего провода).