



## 1.6. ПАССИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ИП

Пассивный элемент - используется для линейного преобразования силы тока в напряжение и напряжения в силу тока, ограничения тока, поглощения электрической энергии и др элемент, обладающий фиксированным или переменным значением электрического сопротивления. К пассивным элементам можно отнести:

- резисторы;
- конденсаторы;
- дроссели.

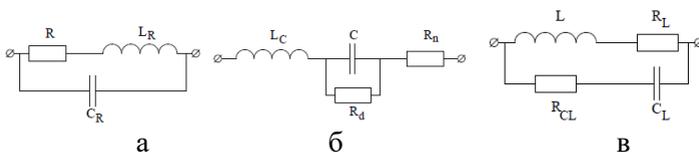
Резисторы делятся на линейные и нелинейные. Сопротивления линейных резисторов не зависят от приложенного напряжения или протекающего тока. Сопротивления нелинейных резисторов изменяются в зависимости от значения приложенного напряжения или протекающего тока. Например, сопротивление осветительной лампы накаливания при отсутствии тока в 10-15 раз меньше, чем в режиме освещения. В линейных резистивных цепях форма тока совпадает с формой напряжения, вызвавшего этот ток.

При температуре выше абсолютного нуля любой резистор является источником электрического шума, даже если к нему не приложено внешнее напряжение.

Эффективное напряжение шума на резисторе:  $|U| = \sqrt{(RkT/\Delta f)}$ ,

где  $\Delta f$  — ширина полосы частот, в которой производится измерение. Чем больше сопротивление резистора, тем больше эффективное напряжение шума пропорциональное квадратному корню из сопротивления, также, эффективное напряжение шума пропорционально корню из температуры.

Шум типа  $1/f$  или «розовый шум». Этот шум возникает из-за множества причин, одна из главных — перезарядка ионов примесей, на которых локализованы электроны [10].



**Рис. 1.6.1.** Схемы замещения пассивных элементов: а - резистора, б - конденсатора, в - дросселя.



### Основные параметры резисторов:

- номинальное сопротивление;
- предельная рассеиваемая мощность;
- температурный коэффициент сопротивления;
- допустимое отклонение сопротивления от номинального значения (технологический разброс в процессе изготовления);
- предельное рабочее напряжение;
- избыточный шум;
- максимальная температура окружающей среды для номинальной мощности рассеивания;
- влагоустойчивость и термостойкость;
- коэффициент напряжения;
- паразитная ёмкость;
- паразитная индуктивность (см. рис. 1.6.1 а).

*Таблица 1.6.1.*

Обозначение номинальной рассеиваемой мощности резисторов по ГОСТ 2.728-74

Обозначение по ГОСТ 2.728-74	Описание
	Постоянный резистор без указания номинальной мощности рассеивания
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 0,05 Вт
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 0,125 Вт
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 0,25 Вт
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 0,5 Вт
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 1 Вт
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 2 Вт
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 5 Вт



Резисторы являются элементами электронной аппаратуры и могут применяться как дискретные компоненты или как составные части интегральных микросхем. Дискретные резисторы классифицируются по назначению, виду ВАХ, по способу защиты и по способу монтажа, характеру изменения сопротивления, технологии изготовления. Обозначение на схемах приведены в таблице 1.6.1 и таблице 1.6.2. Резисторы по назначению делятся на:

- резисторы общего назначения;
- резисторы специального назначения:
- высокоомные (сопротивления от десятка МОм до единиц ТОм, рабочие напряжения 100—400 В);
- высоковольтные (рабочие напряжения — десятки кВ);
- высокочастотные (имеют малые собственные индуктивности и ёмкости, рабочие частоты до сотен МГц);
- прецизионные и сверхпрецизионные (повышенная точность, допуск 0,001 — 1 %).

По характеру изменения сопротивления:

- постоянные резисторы;
- переменные регулировочные резисторы;
- переменные подстроечные резисторы

По виду вольт-амперной характеристики резисторы можно разделить на:

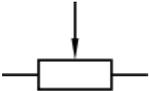
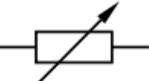
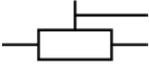
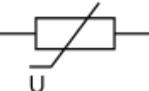
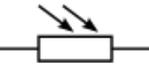
- линейные резисторы;
- нелинейные резисторы.

Существуют различные виды нелинейных резисторов:

- варисторы — сопротивление зависит от приложенного напряжения;
- терморезисторы — сопротивление зависит от температуры;
- фоторезисторы — сопротивление зависит от освещённости;
- тензорезисторы — сопротивление зависит от деформации резистора;
- магниторезисторы — сопротивление зависит от величины магнитного поля.
- мемристоры — сопротивление зависит от протекавшего через него заряда (интеграла тока за время работы).



Таблица 1.6.2.  
Обозначение резисторов на схемах

Обозначение по ГОСТ 2.728-74	Описание
	Переменный резистор (реостат).
	Переменный резистор, включённый как реостат (ползунок соединён с одним из крайних выводов).
	Подстроечный резистор.
	Подстроечный резистор, включённый как реостат (ползунок соединён с одним из крайних выводов).
	Варистор (сопротивление зависит от приложенного напряжения).
	Термистор (сопротивление зависит от температуры).
	Фоторезистор (сопротивление зависит от освещённости).

Варистор (Variable Resistors — изменяющиеся сопротивления) — это полупроводниковые (металлооксидные или оксидноцинковые) резисторы, обладающие свойством резко уменьшать свое сопротивление с 1000 МОм до десятков Ом при увеличении на них напряжения выше пороговой величины.

Варисторы подсоединяют параллельно нагрузке, и при броске входного напряжения основной ток помехи протекает через них, а не через аппаратуру (рис.1.6.2). Таким образом, варисторы рассеивают энергию помехи в виде тепла. Так же, как и газоразрядник,



варистор является элементом многократного действия, но значительно быстрее восстанавливает свое высокое сопротивление после снятия напряжения.

Варисторы широко применяются в промышленном оборудовании и приборах бытового назначения:

- для защиты полупроводниковых приборов: тиристоров, симисторов, транзисторов, диодов, стабилитронов;
- для электростатической защиты входов радиоаппаратуры;
- для защиты от электромагнитных всплесков в мощных индуктивных элементах;
- как элемент искрогашения в электромоторах и переключателях.

Для сети с действующим напряжением 220 В (50 Гц) обычно устанавливают варисторы с классификационным напряжением не ниже 380...430 В. Для варистора с классификационным напряжением 430 В при импульсе тока 100 А напряжение будет ограничено на уровне около 600 В. Для увеличения мощности возможно последовательное включение.

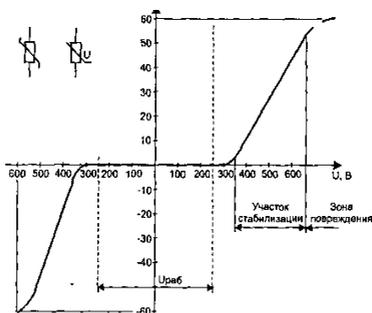


Рис. 1.6.2. ВАХ варистора

$U_n$  — классификационное напряжение, обычно измеряемое при токе 1 мА, условный параметр, указывается при маркировке элементов;

$U_m$  — максимально допустимое действующее переменное напряжение;

$U_m$  — максимально допустимое постоянное напряжение;

$P$  — номинальная средняя рассеиваемая мощность, это та, которую варистор может рассеивать в течение срока службы при сохранении параметров в установленных пределах;



$W$  — максимальная допустимая поглощаемая энергия (Дж), при воздействии одиночного импульса.

$I_{pp}$  — максимальный импульсный ток, для которого время нарастания/длительность импульса: 8/20 мкс;

$C_o$  — емкость, измеренная в закрытом состоянии, когда варистор пропускает через себя большой ток, она падает до нуля. В России не нормируется.

- большее быстроедействие;
- безынерционное отслеживание перепадов напряжений;
- выпускаются на более широкий диапазон рабочих напряжений (от 12 до 1800 В);
- длительный срок эксплуатации;
- имеют низкую стоимость.

Терморезистор (термистор, термосопротивление) - полупроводниковый прибор, электрическое сопротивление которого изменяется в зависимости от его температуры. Терморезисторы изготавливаются из материалов с высоким температурным коэффициентом сопротивления (ТКС), который обычно на порядки выше, чем ТКС металлов и металлических сплавов.

По типу зависимости сопротивления от температуры различают терморезисторы с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления (рис. 1.6.3, 1) и положительным температурным коэффициентом сопротивления (позисторы рис. 1.6.3, 2). У позисторов с ростом температуры растёт их сопротивление; у термисторов увеличение температуры приводит к уменьшению их сопротивления.

Терморезисторы с отрицательным ТКС изготавливают из поликристаллических оксидов переходных металлов (например,  $MnO$ ,  $CoO_x$ ,  $NiO$  и  $CuO$ ), легированных полупроводников ( $Ge$  и  $Si$ ), и других материалов. Позисторы изготавливают из твёрдых растворов на основе  $VaTiO_3$ .

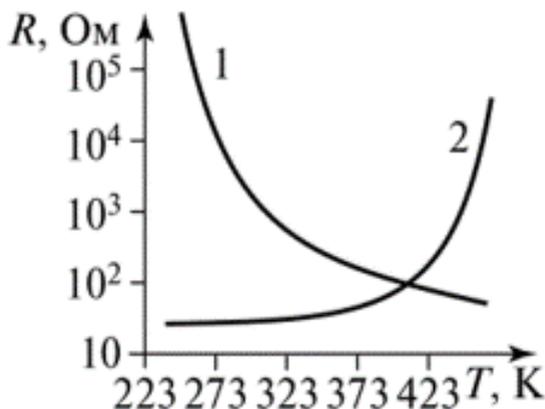
Терморезисторы классифицируют как низкотемпературные (предназначенные для работы при температурах ниже 170 К), среднетемпературные (от 170 до 510 К) и высокотемпературные (выше 570 К). Выпускаются специализированные терморезисторы, предназначенные для работы при температурах до 1300 К.

Активный элемент терморезистора изготавливают, в различном конструктивном исполнении: в виде стержней, трубок, дисков,



сфер, тонких пластинок с размерами от 1—10 микрометров до нескольких сантиметров.

Наиболее распространены среднетемпературные терморезисторы (ТКС от  $-2,4$  до  $-8,4$  %/К), имеющие широкий диапазон сопротивлений (от 1 до  $10^6$  Ом).



**Рис. 1.6.3.** Зависимость сопротивления терморезистора от температуры: 1 – термистор, 2 – позистор.

Терморезисторы с небольшим положительным температурным коэффициентом сопротивления (от  $0,5$  до  $0,7$  %/К) выполненные на основе кремния, сопротивление которых изменяется по закону близкому к линейному, используются в системах охлаждения и температурной стабилизации режимов работы мощных диодов и транзисторов в различных радиоэлектронных системах.