

# Что такое резистор, классификация резисторов и их обозначения на схемах

**Резистор** — один из самых распространенных радиоэлементов. Даже в простом транзисторном приемнике число резисторов достигает нескольких десятков, а в современном теле-визоре их не менее двух-трех сотен.

Резисторы используют в качестве нагрузочных и токоограничительных элементов, делителей напряжения, добавочных сопротивлений и шунтов в измерительных цепях и т. д.

Основным параметром резистора является **сопротивление**, характеризующее его способность препятствовать протеканию электрического тока. Сопротивление измеряется в омах, килоомах (тысяча Ом) и мегаомах (1 000000 Ом).

# Постоянные резисторы

- Вначале резисторы изображали на схемах в виде ломаной линии — меандра (рис. 1,а, б), которая обозначала высокоомный прокол, намотанный на изоляционный каркас. По мере усложнения радиоприборов число резисторов в них увеличивалось, и, чтобы облегчить начертание, их стали изображать на схемах в виде зубчатой линии (рис. 1,в).
- На смену этому символу пришел символ в виде прямоугольника (рис. 1,г), который стали применять для обозначения любого резистора, независимо от его конструкции и особенностей.

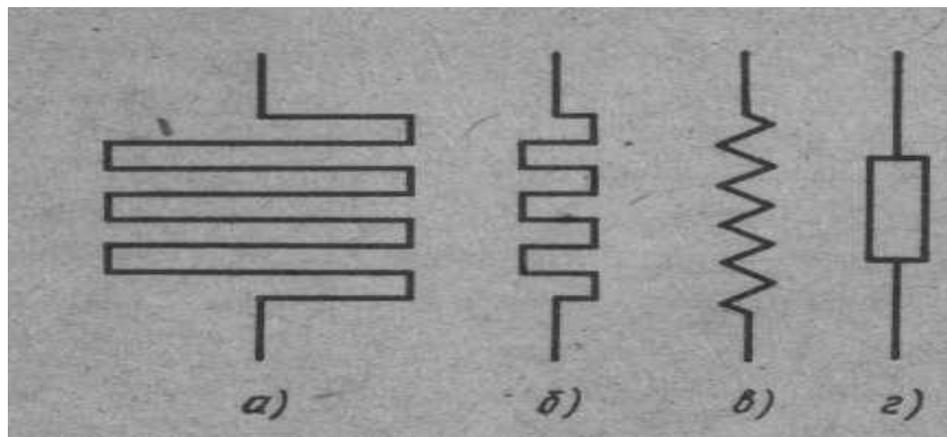


Рис. 1. Постоянные резисторы и их обозначение.

- **Постоянные резисторы** могут иметь **один или несколько отводов** от резистивного элемента. На условном обозначении такого резистора дополнительные выводы изображают в том же порядке, как это имеет место в самом резисторе (рис. 2). При большом числе отводов длину символа допускается увеличивать.

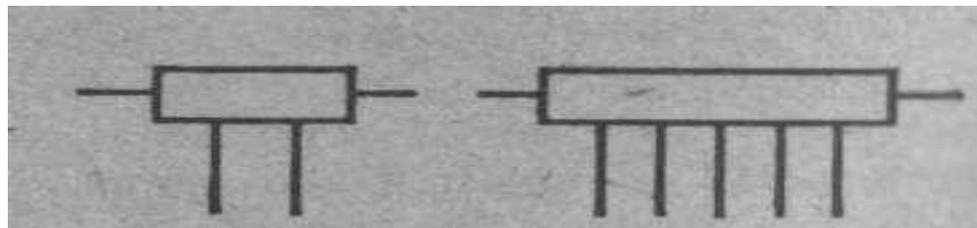


Рис. 2. Постоянные резисторы с отводами - обозначение.

Сопротивление постоянного резистора, как говорит само название, изменить невозможно. Поэтому, если в цепи требуется установить определенный ток или напряжение, то для этого придется подбирать отдельные элементы цепи, которыми часто являются резисторы. Возле символов этих элементов на схемах ставят звездочку \* — знак, говорящий о необходимости их подбора при настройке или регулировке.

# Обозначение сопротивления резисторов

- Номинальную **мощность рассеяния резистора** (от 0,05 до 5 Вт) обозначают специальными знаками, помещаемыми внутри символа (рис. 3). Заметим, мм ни таки не должны касаться контура условного обозначения резистора.

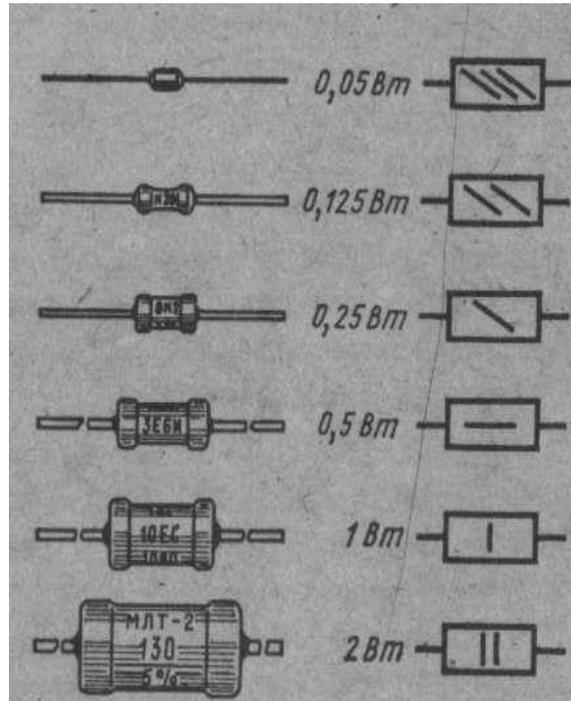


Рис. 3. Обозначение мощности резисторов.

- На принципиальной схеме **номинальное сопротивление резистора** указывают рядом с условным обозначением (рис. 4). Согласно ГОСТ 2.702—75 сопротивления от 0 до 999 Ом указывают числом без единицы измерения (2,2; 33, 120...), от 1 до 999 кОм — числом с бумвой к (47 к, 220 к, 910к и т. д.), свыше 1 мегаома — числом с буквой М (1 М, 3,6М и т. д.).

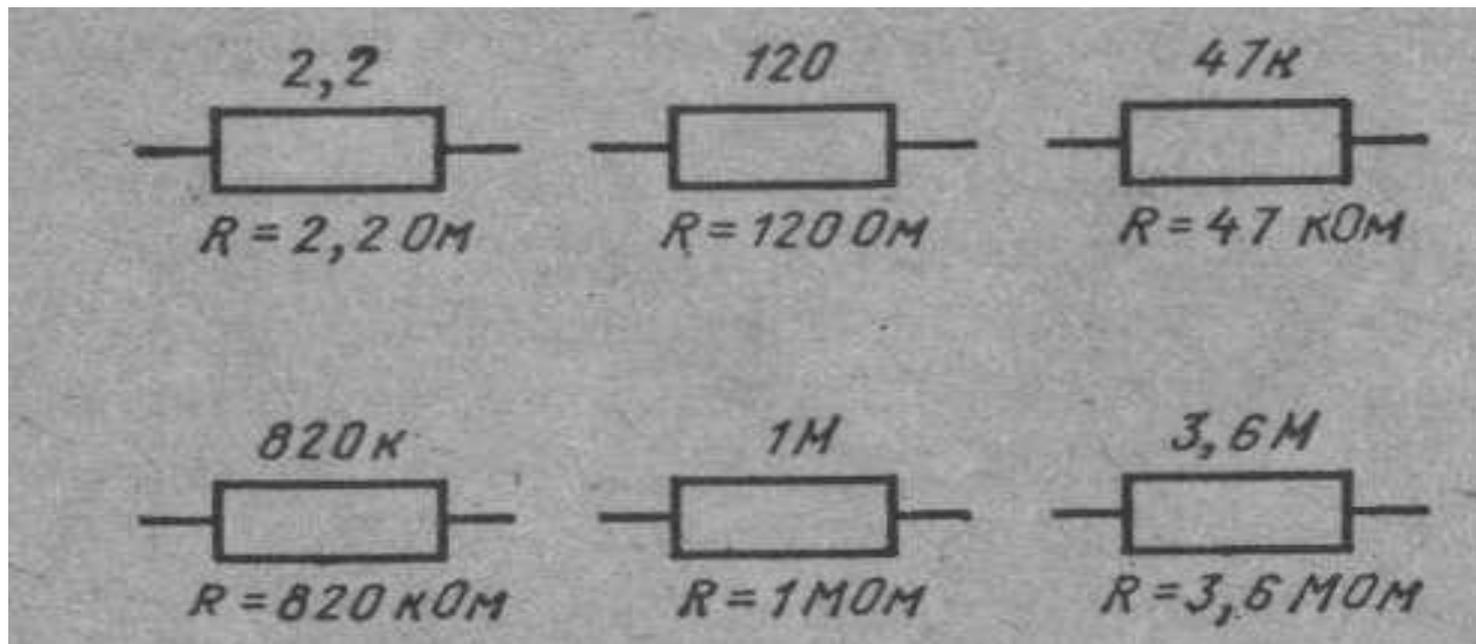


Рис. 4. Обозначение сопротивления для резисторов на схемах.

- На резисторах отечественного производства номинальное сопротивление, допустимое отклонение от него, а если позволяют размеры, и номинальную мощность рассеяния указывают в виде полного или сокращенного (кодированного) обозначения.
- Согласно ГОСТ 11076—69 единицы сопротивления в кодированной системе обозначают буквами Е (ом), К (килоом) и М (мегаом). Так, резисторы сопротивлением 47 Ом маркируют 47Е, 75 Ом — 75Е, 12 кОм — 12К, 82 кОм — 82К и т. д.
- Сопротивления от 100 до 1000 Ом и от 100 до 1000 кОм выражают в долях килоома и мегаома соответственно, причем на месте нуля и запятой ставят соответствующую единицу измерения:
  - 180 Ом = 0,18 кОм = К18;
  - 910 Ом = 0,91 кОм = К91;
  - 150 кОм = 0,15 МОм = М15;
  - 680 кОм = 0,68 МОм = М68 и т. д.
- Если же номинальное сопротивление выражено целым числом с дробью, то единицу измерения ставят на месте запятой: 2,2 Ом — 2Е2; 5,1 кОм — 5К1; 3,3 МОм — 3М3 и т. д.
- Кодированные буквенные обозначения установлены и для допустимых отклонений сопротивления от номинального. Допускаемому отклонению  $\pm 1\%$  -соответствует буква Р,  $\pm 2\%$ —Л,  $\pm 5\%$ —И,  $\pm 10\%$  —С,  $\pm 20\%$ —В. Таким образом, надпись на корпусе резистора К75И обозначает номинальное сопротивление 750 Ом с допустимым отклонением  $\pm 5\%$ ; надпись М33В — 330 кОм  $\pm 20\%$  и т. д.

# Переменные резисторы

- **Переменные резисторы**, как правило, имеют минимум три вывода: от концов токопроводящего элемента и от щеточного контакта, который может перемещаться по нему. С целью уменьшения размеров и упрощения конструкции токопроводящий элемент обычно выполняют в виде незамкнутого кольца, а щеточный контакт закрепляют на валике, ось которого проходит через его центр.
- Таким образом, при вращении валика контакт перемещается по поверхности токопроводящего элемента, в результате сопротивление между ним и крайними выводами изменяется.
- В непроволочных переменных резисторах обладающий сопротивлением токопроводящий слой нанесен на подковообразную пластинку из гетинакса или текстолита (резисторы СП, СПЗ-4) или впрессован в дугообразную канавку керамического основания (резисторы СПО).
- В проволочных резисторах сопротивление создается высокоомным проводом, намотанным в один слой на кольцеобразном каркасе. Для надежного соединения между обмоткой и подвижным контактом провод зачищают на глубину до четверти его диаметра, а в некоторых случаях и полируют.
- Существуют две схемы включения переменных резисторов в электрическую цепь. В одном случае их используют для регулирования тока в цепи, и тогда регулируемый резистор называют реостатом, в другом — для регулирования напряжения, тогда его называют потенциометром. Показанное на рис. 5 условное графическое обозначение используют, когда необходимо изобразить реостат в общем виде.
- Для регулирования тока в цепи переменный резистор можно включить двумя выводами: от щеточного контакта и одного из концов токопроводящего элемента (рис. 6,а). Однако такое включение не всегда допустимо.

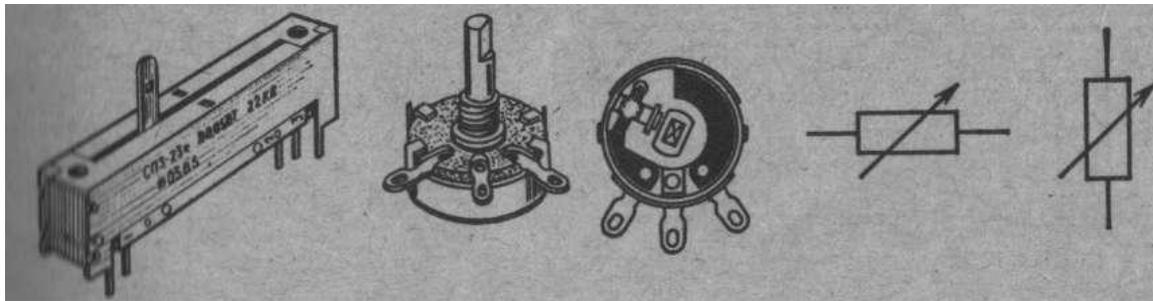
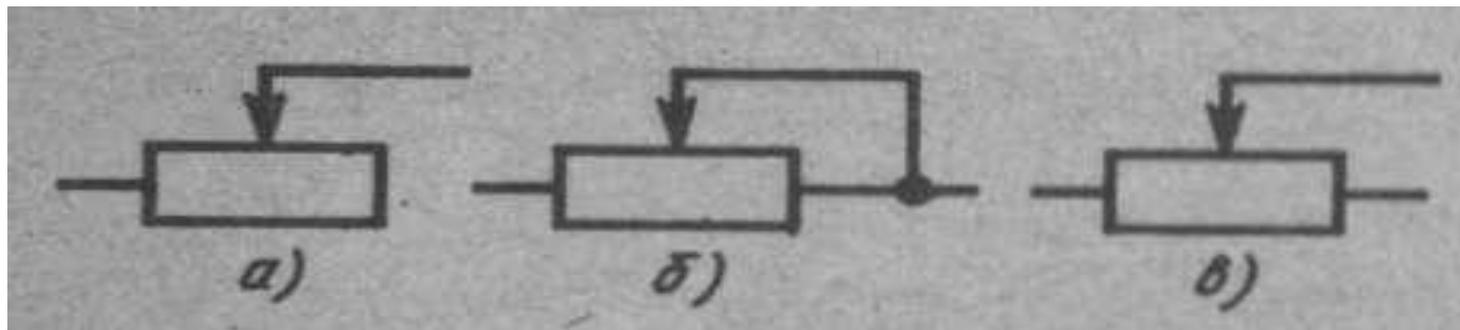


Рис. 5. Реостаты и переменные резисторы - условное обозначение.

- Если, например, в процессе регулирования случайно нарушится соединение щеточного контакта с токопроводящим элементом, электрическая цепь ока-1 жется разомкнутой, а это может явиться причиной повреждения при бора. Чтобы исключить такую возможность, второй вывод токопроводящего элемента соединяют с выводом щеточного контакта (рис. 6,б). В этом случае даже при нарушении соединения электрическая цепь не будет разомкнута.
- Общее обозначение **потенциометра** (рис. 6,в) отличается от символа реостата без разрыва цепи только отсутствием соединения выводов между собой.



- Рис. 6. Обозначение потенциометра на принципиальных схемах.

- К переменным резисторам, применяемым в радиоэлектронной аппаратуре, часто предъявляются требования по характеру изменения сопротивления при повороте их оси.
- Так, для регулирования громкости в звуковоспроизводящей аппаратуре необходимо, чтобы сопротивление между выводом щеточного контакта и правым (если смотреть со стороны этого контакта) выводом токопроводящего элемента изменялось по показательному (обратному логарифмическому) закону.
- Только в этом случае наше ухо воспринимает равномерное увеличение громкости при малых и больших уровнях сигнала. В измерительных генераторах сигналов звуковой частоты, где в качестве частото задающих элементов часто используют переменные резисторы, также желательно, чтобы их сопротивление изменялось по логарифмическому или показательному закону.
- Если это условие не выполнить, шкала генератора получается неравномерной, что затрудняет точную установку частоты.
- Промышленность выпускает непроволочные переменные резисторы, в основном, трех групп:
- А — с линейной,
- Б — с логарифмической,
- В — с обратно-логарифмической зависимостью сопротивления между правым и средним выводами от угла поворота оси  $\varphi$
- Резисторы группы А используют в радиотехнике наиболее широко, поэтому характеристику изменения их сопротивления на схемах обычно не указывают. Если же переменный резистор нелинейный (например, логарифмический) и это необходимо указать на схеме, символ резистора перечеркивают знаком нелинейного регулирования, возле которого (внизу) помещают соответствующую математическую запись закона изменения.
- Резисторы групп Б и В конструктивно отличаются от резисторов группы А только токопроводящим элементом: на подковку таких резисторов наносят токопроводящий слой с удельным сопротивлением, меняющимся по ее длине. В проволочных резисторах форму каркаса выбирают такой, чтобы длина витка высокоомного провода менялась по соответствующему закону (рис. 7, б).

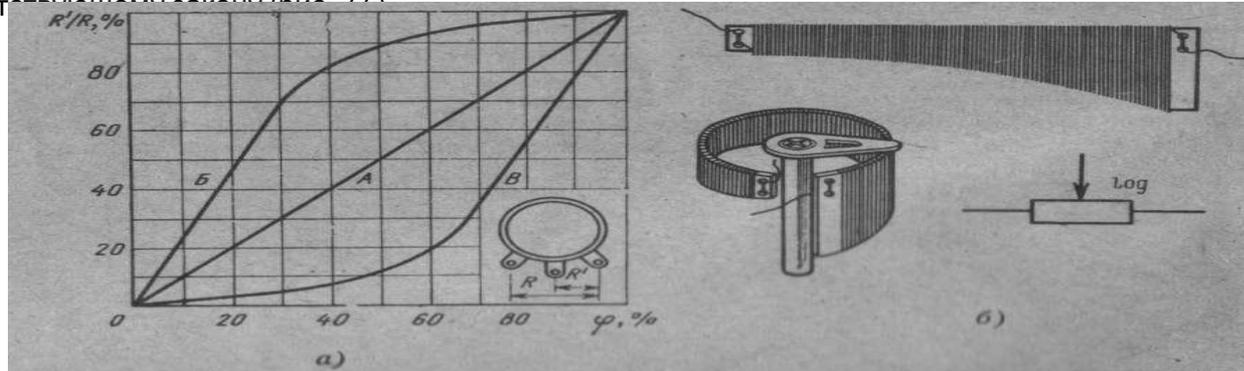


Рис. 7. Переменный резистор с обратно-логарифмической зависимостью сопротивления.

# Регулируемые резисторы

- **Регулируемые резисторы** - резисторы, сопротивление которых можно изменять в определенных пределах, применяют в качестве регуляторов усиления, громкости, тембра и т. д. Общее обозначение такого резистора состоит из базового символа и знака регулирования, причем независимо от положения символа на схеме стрелку, обозначающую регулирование, проводят в направлении снизу вверх под углом 45 градусов.
- Регулируемые резисторы **имеют относительно невысокую надежность и ограниченный срок службы**. Кому из владельцев радиоприемника или магнитофона не приходилось после двух-трех лет эксплуатации слышать шорохи и трески из громкоговорителя при регулировании громкости.
- Причина этого неприятного явления — в нарушении контакта щетки с токопроводящим слоем или износ последнего. Поэтому, если основным требованием к переменному резистору является повышенная надежность, применяют резисторы со ступенчатым регулированием.
- Такой резистор может быть выполнен на базе переключателя на несколько положений, к контактам которого подключены резисторы постоянного сопротивления. На схемах эти подробности не показывают, ограничиваясь изображением символа регулируемого резистора со знаком ступенчатого регулирования, а если необходимо, указывают и число ступеней (рис. 8).

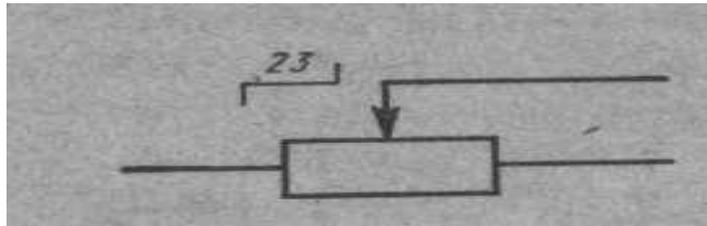


Рис. 8. Изображение символа регулируемого резистора со знаком ступенчатого регулирования.

- Некоторые переменные резисторы изготавливают с одним, двумя и даже с тремя отводами. Такие резисторы применяют, например, в тонкомпенсированных регуляторах громкости, используемых в высококачественной звуковоспроизводящей аппаратуре. Отводы изображают в виде линий, отходящих от длинной стороны основного символа (рис. 9).

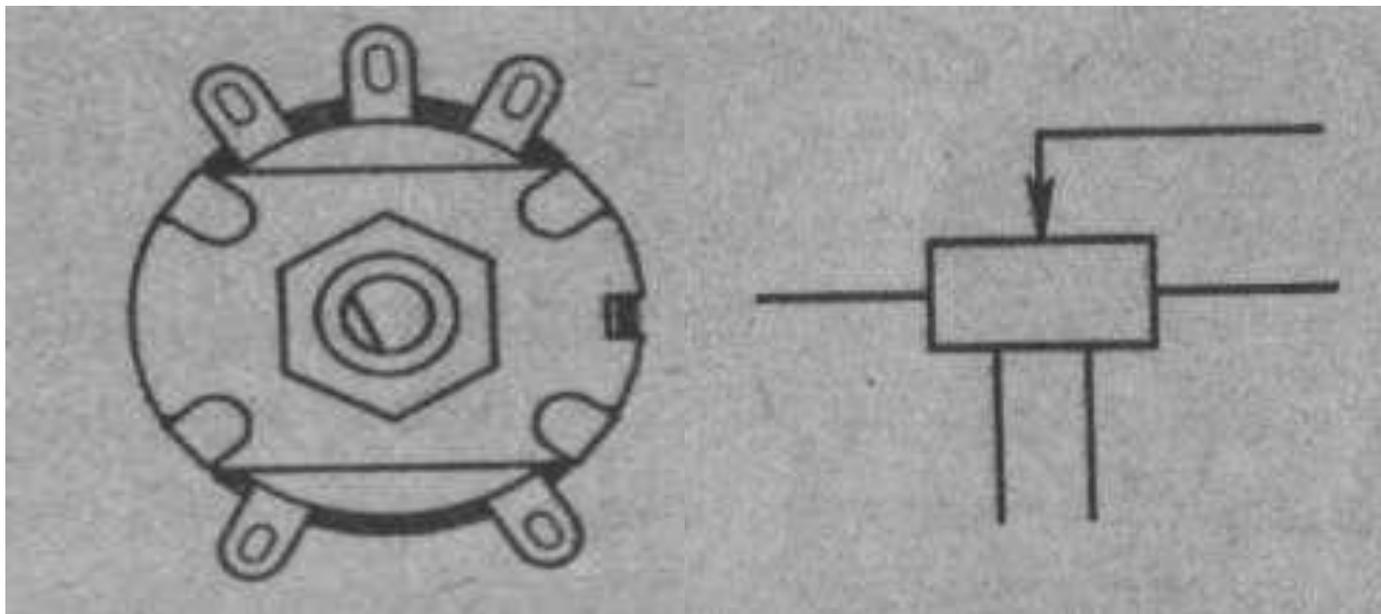


Рис. 9. Обозначение переменного резистора с отводами.

- Для регулирования **громкости, тембра, уровня записи** в стереофонической аппаратуре, частоты в измерительных генераторах сигналов и т. д. применяют **сдвоенные переменные резисторы**, сопротивления которых изменяются одновременно при повороте общей оси (или перемещении движка). На схемах символы входящих в них резисторов стараются расположить возможно ближе друг к другу, а механическую связь показывают либо двумя сплошными линиями, либо одной штриховой (рис. 10,а).

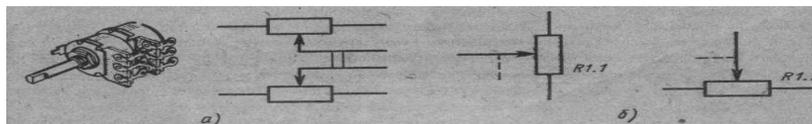


Рис. 10. Внешний вид и обозначение блоков с переменными резисторами.

- Если же сделать этого не удастся, т. е. символы резисторов оказываются на большом удалении один от другого, механическую связь изображают отрезками штриховой линии (рис. 10,б). Принадлежность резисторов к одному сдвоенному блоку показывают в этом случае и в позиционном обозначении (R1.1—первый — по схеме — резистор сдвоенного переменного резистора R1, R1.2 — второй).
- Встречаются и такие сдвоенные переменные резисторы, в которых каждым резистором можно управлять отдельно (ось одного проходит внутри трубчатой оси другого). Механической связи, обеспечивающей одновременное изменение сопротивлений обоих резисторов, в этом случае нет, поэтому и на схемах ее не показывают (принадлежность к сдвоенному резистору указывают только в позиционном обозначении).
- В бытовой радиоаппаратуре часто применяют переменные резисторы, объединенные с одним или двумя выключателями. Символы их контактов размещают на схемах рядом с обозначением переменного резистора и соединяют штриховой линией с жирной точкой, которую изображают с той стороны прямоугольника, при перемещении к которой узел щеточного контакта (движок) воздействует на выключатель (рис. 11,а).

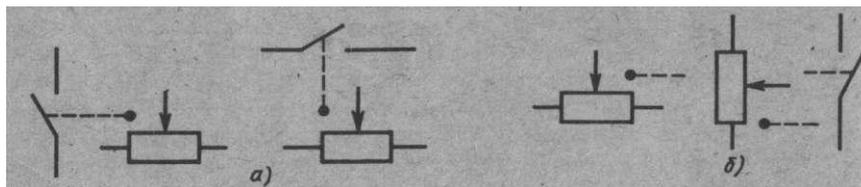
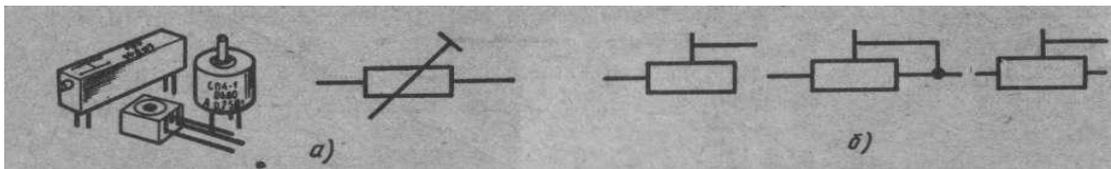


Рис. 11. Обозначение переменного резистора совмещенного с переключателем.

- При этом имеется в виду, что контакты замыкаются при движении от точки, а размыкаются при движении к ней. В случае, если символы резистора и выключателя удалены один от другого, механическую связь показывают отрезками штриховых линий (рис. 11,б).

# Подстроечные резисторы

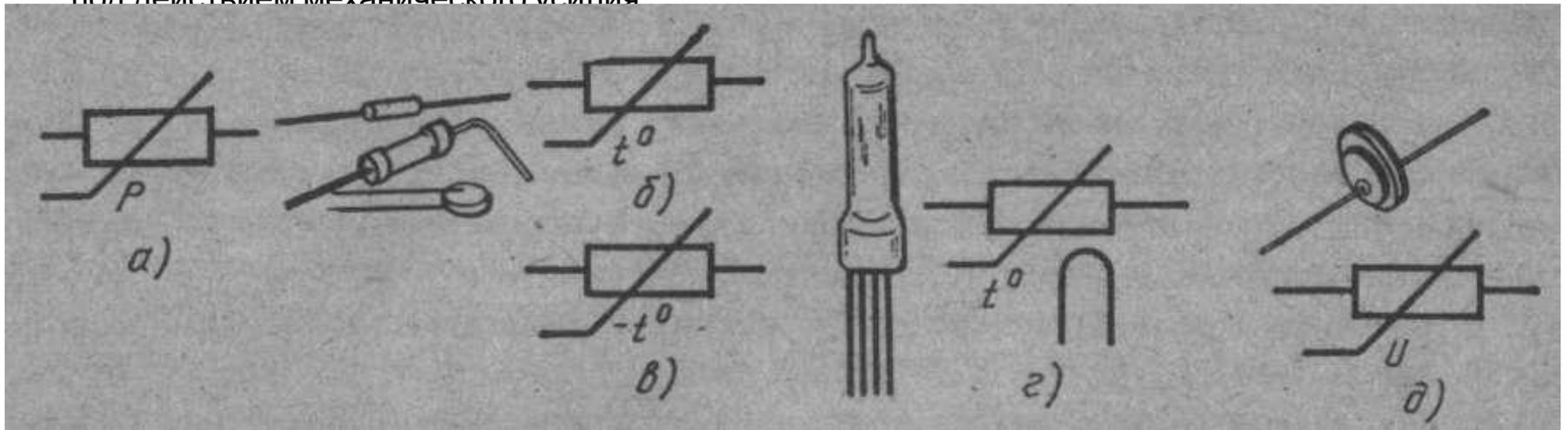
- **Подстроечные резисторы** — разновидность переменных. Узел щеточного контакта таких резисторов приспособлен для управления отверткой. Условное обозначение подстроечного резистора (рис. 12) наглядно отражает его назначение: это, по сути, постоянный резистор с отводом, положение которого можно изменять.



- Рис. 12. Внешний вид и обозначение подстроечных резисторов.
- Общее обозначение подстроечного резистора отличается тем, что вместо знака регулирования использован знак подстроечного регулирования.

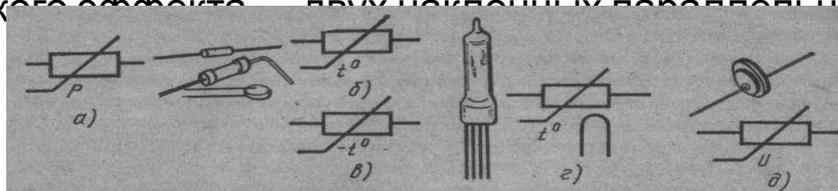
# Нелинейные резисторы

- В радиотехнике, электронике и автоматике находят применение **нелинейные саморегулирующиеся резисторы**, изменяющие свое сопротивление под действием внешних электрических или неэлектрических факторов: угольные столбы, варисторы, терморезисторы и т.д.
- Угольный столб, представляющий собой пакет угольных шайб, изменяет свое сопротивление под действием механического усилия



- Рис. 13. Вид и обозначение нелинейных саморегулирующихся резисторов.
- Для сжатия шайб обычно используют электромагнит. Изменяя напряжение на его обмотке, можно в больших пределах изменять степень сжатия шайб и, следовательно, сопротивление угольного столба.
- Используют такие резисторы в стабилизаторах и регуляторах напряжения. Условное обозначение угольного столба состоит из базового символа резистора и знака нелинейного саморегулирования с буквой P, которая символизирует механическое усилие — давление (рис. 13,а).

- **Терморезисторы**, как говорит само название, характеризуются тем, что их сопротивление изменяется под действием температуры. Токопроводящие элементы этих резисторов изготавливают из полупроводниковых материалов.
- Сопротивление терморезистора прямого подогрева изменяется за счет выделяющейся в нем мощности или при изменении температуры окружающей среды, а терморезистора косвенного подогрева — под действием тепла, выделяемого специальным подогревателем.
- Зависимость сопротивления терморезисторов от температуры имеет нелинейный характер, поэтому на схемах их изображают в виде **нелинейного резистора** со знаком температуры  $-1^\circ$  (рис. 13,6, в).
- Знак температурного коэффициента сопротивления (положительный, если с увеличением температуры сопротивление терморезистора возрастает, и отрицательный, если оно уменьшается) указывают только в том случае, если он отрицательный (рис. 13,в).
- В условное обозначение **терморезистора косвенного подогрева** кроме знака нелинейного регулирования входит символ подогревателя, напоминающий перевернутую латинскую букву U (рис. 13,г).
- Нелинейные полупроводниковые резисторы, известные под названием **варисторов**, изменяют свое сопротивление при изменении приложенного к ним напряжения.
- Существуют варисторы, у которых увеличение напряжения всего в 2—3 раза сопровождается уменьшением сопротивления в несколько десятков раз. На схемах их обозначают в виде нелинейного саморегулирующегося резистора с латинской буквой U (напряжение) у излома знака саморегулирования (рис. 13,3).
- В системах автоматики широко используют **фоторезисторы** — полупроводниковые резисторы, изменяющие свое сопротивление под действием света. Условное графическое обозначение такого резистора состоит из базового символа, помещенного в круг (символ корпуса полупроводникового прибора), и знака фотоэлектрического эффекта — двух противоположных перпендикулярных стрелок.



Спасибо за  
просмотр