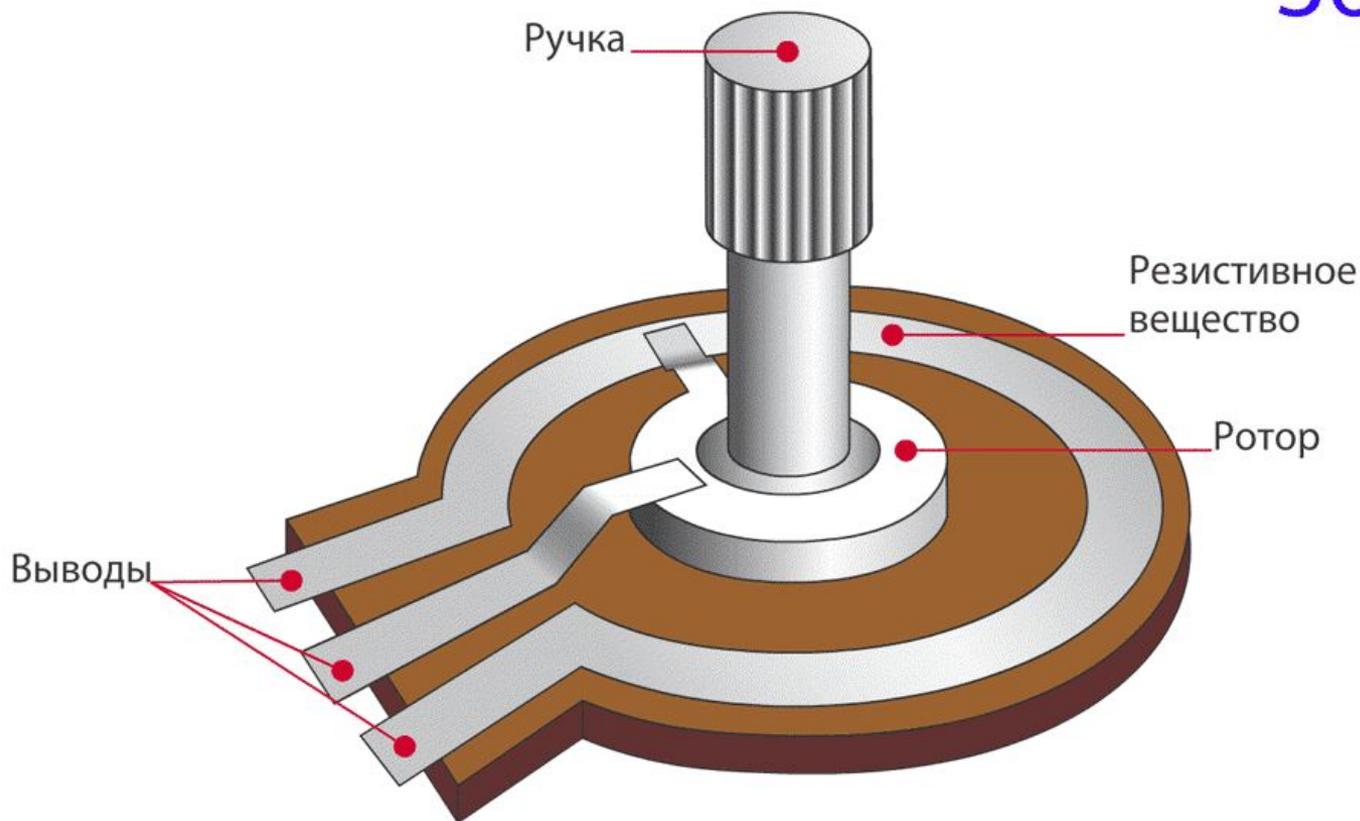


Среди радиоэлементов существуют детали, которые могут изменять свой основной параметр. Именно такими являются переменные или регулируемые резисторы. Они отличаются от постоянных тем, что их сопротивление можно плавно менять практически от нуля до определенного значения. Изменение происходит путем механического перемещения ползунка.



Основной недостаток переменных резисторов — их недолговечность. Контакт между резистивным слоем и щеткой постепенно ухудшается. Для акустической аппаратуры это может выражаться во все усиливающихся шумах, при подстройке частоты в радиоприемниках все тяжелее «поймать» нужную длину волны и т.д.

36°



Способы производства

Переменный резистор может быть двух типов: проволочным и пленочным. У проволочных на диэлектрическую трубку намотана проволока, вдоль нее перемещается металлический передвигной контакт — ползунок. Его местоположение и определяет сопротивление элемента. Витки проволоки уложены вплотную друг к другу, но они разделены слоем лака с высокими диэлектрическими свойствами.

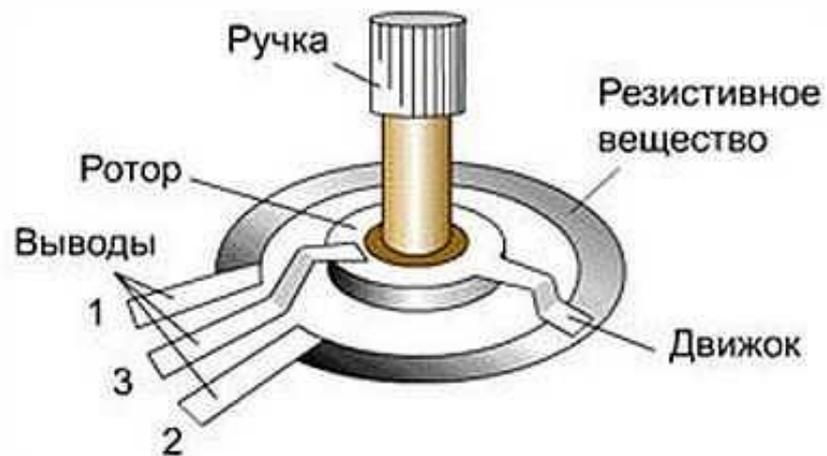
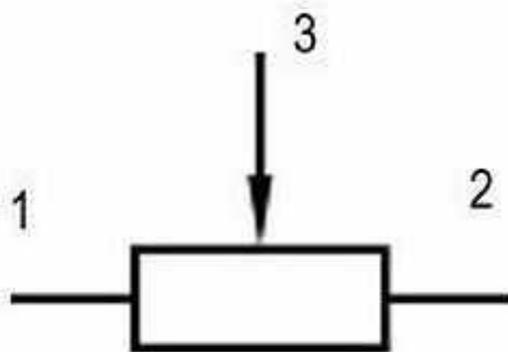


Переменные проволочные резисторы — это обязательно трубка с намотанной на нее проволокой как на фото выше. Такие элементы выпускались в основном несколько десятков лет назад. Современные мало чем отличаются от пленочных, разве что корпус чуть выше, так как проволока все-таки занимает больше места, чем пленка.



Со снятой крышкой видна проволочная спираль и бегунок

У пленочных переменных резисторов на диэлектрическую пластину (обычно выполнена в виде подковы) нанесен слой токопроводящего углерода. В этом случае контакт тоже подвижный, но он закреплен на стержне в центре подковы и чтобы изменить сопротивление, надо повернуть стержень.



Пленочный регулируемый резистор

Регулируемое переменное сопротивление может быть и проволочным, и пленочным, а подстроечные, в основном, делают пленочными. Есть у них внешнее отличие: нет стержня с ручкой, а есть плоский диск с отверстием под отвертку. Сопротивления этого типа используются только для наладки параметров при пуске или техническом обслуживании аппаратуры.

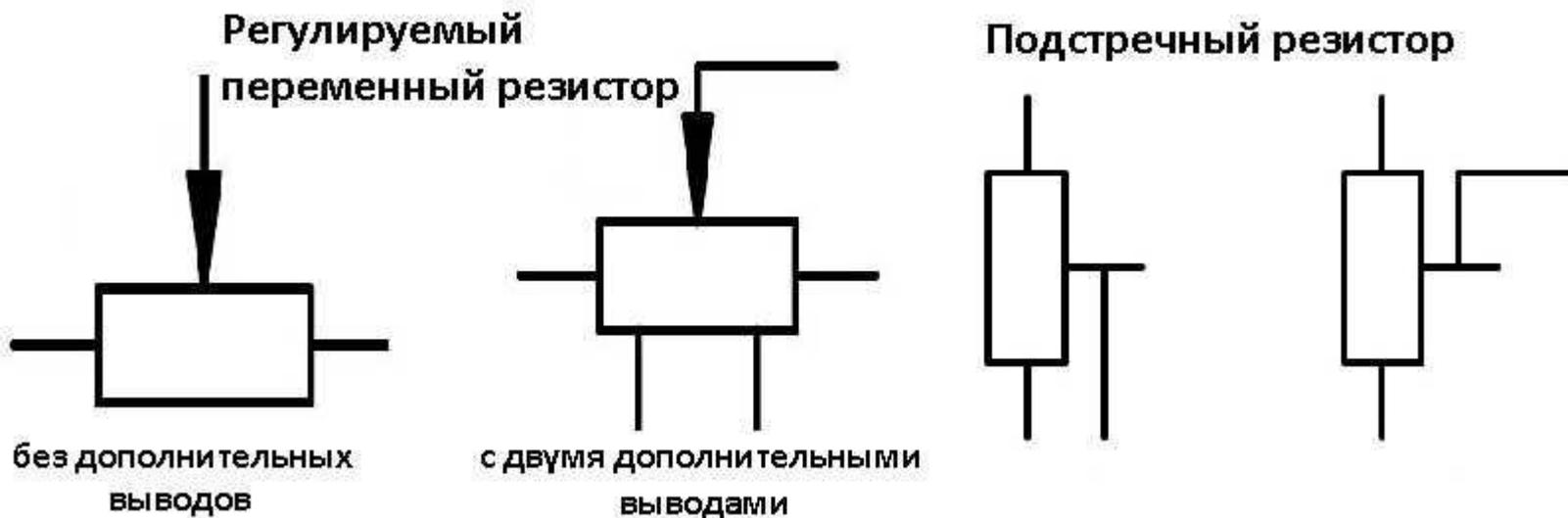


Переменные резисторы SMD

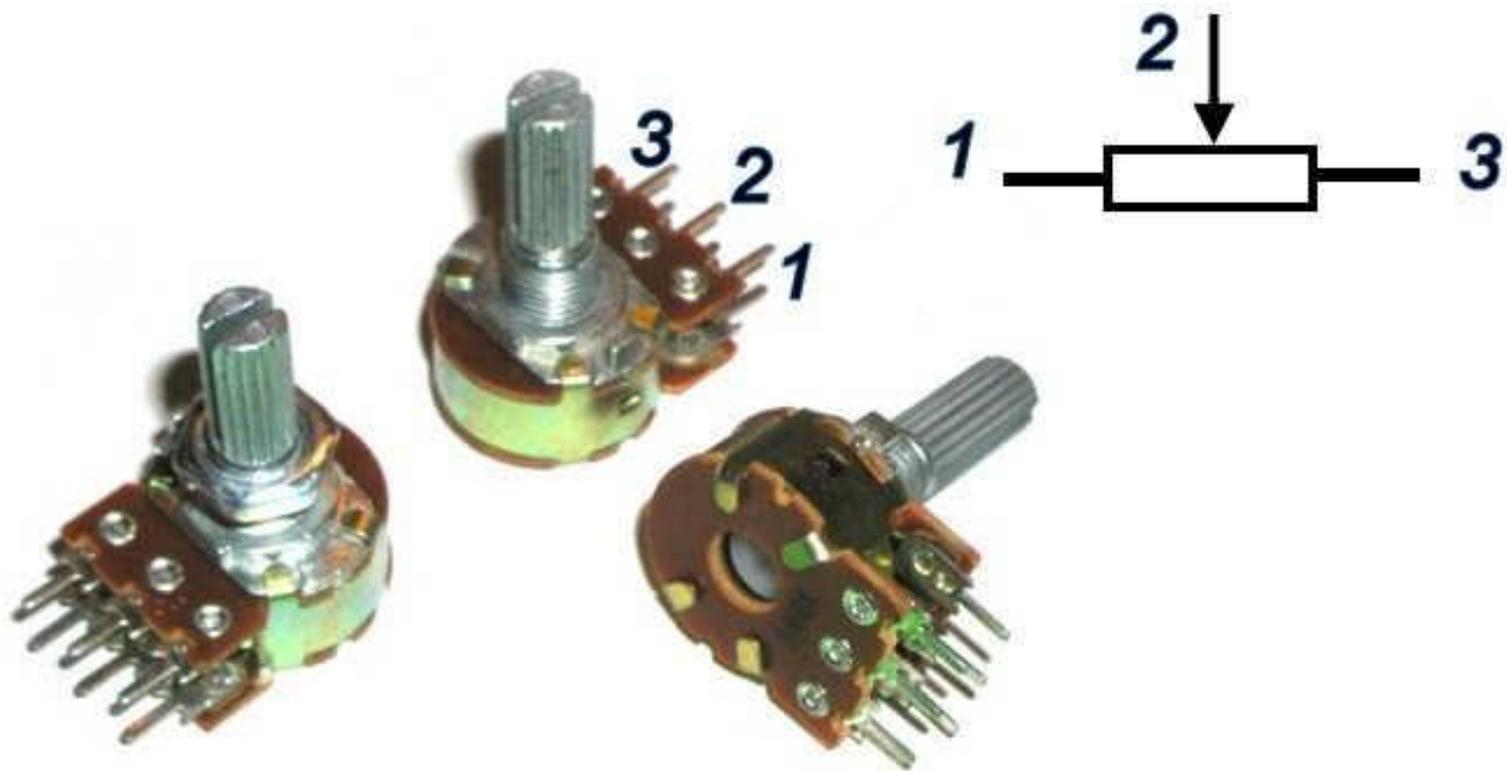
Кроме способа производства есть еще две формы выпуска: для обычного навесного монтажа и SMD-элементы для поверхностного монтажа. SMD резисторы отличаются миниатюрными размерами, выполнены по пленочной технологии.

Схематическое обозначение и цоколевка

В отличие от постоянных резисторов, у регулируемых не два вывода, а как минимум три. Почему как минимум? Потому что есть модели с дополнительными выводами — их может быть несколько. На электрических схемах переменные и подстроечные резисторы обозначаются прямоугольниками как постоянные, но имеют дополнительный вывод, который схематически представлен как ломанная линия, упирающаяся в середину изображения. Чтобы можно было отличить переменный от подстроечного, у переменного на конце третьего ввода рисуют стрелку, подстроечный изображается более длинной перпендикулярной линией без стрелки.



Если говорить о расположении выводов, то средний вывод подключен к ползунку, крайние — к началу и концу резистивного элемента.



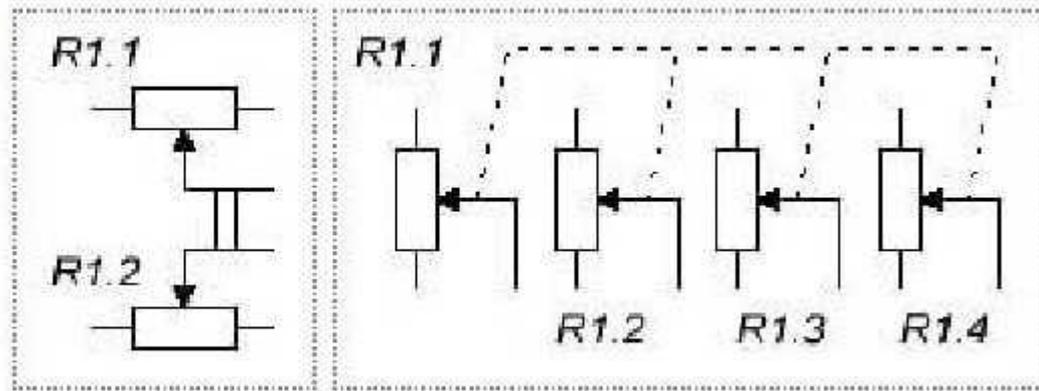
Сдвоенные, тройные, счетверенные

В плеерах, радиоприемниках и некоторых других видах бытовой аппаратуры часто применяются сдвоенные (двойные) переменные резисторы. В корпусе элемента скрыты две резистивные пластины. Внешне от обычных они отличаются наличием двух рядов выводов. Бывают двух типов:

- С одновременным изменением параметров. Обычно применяются в стереоаппаратуре для одновременного изменения параметров двух каналов. Такие резисторы имеют запараллеленные бегунки. Поворачивая или сдвигая рукоятку, меняем сопротивление сразу двух резисторов.
- С отдельным изменением параметров. Называются еще соосными, так как ось одного находится внутри оси другого. Если надо одной ручкой изменять различные параметры (громкость и баланс) подойдет этот тип резисторов. Механическая связь бегунков отсутствует, что позволяет менять сопротивление независимо друг от друга.



с одновременной регулировкой



Обозначаются разные типы сдвоенных переменных резисторов на схемах по-разному. С наличием механической связи бегунков при близком расположении изображений резисторов на схеме, ставят связанные между собой стрелочки (на рисунке выше слева). Принадлежность к одному резистору указывается через нумерацию: две части обозначаются как R1.1 и R 1.2. Если обозначение частей спаренного переменного резистора находятся на схеме далеко друг от друга, связь указывается при помощи пунктирных линий (на рисунке выше справа). Буквенное обозначение такое же.

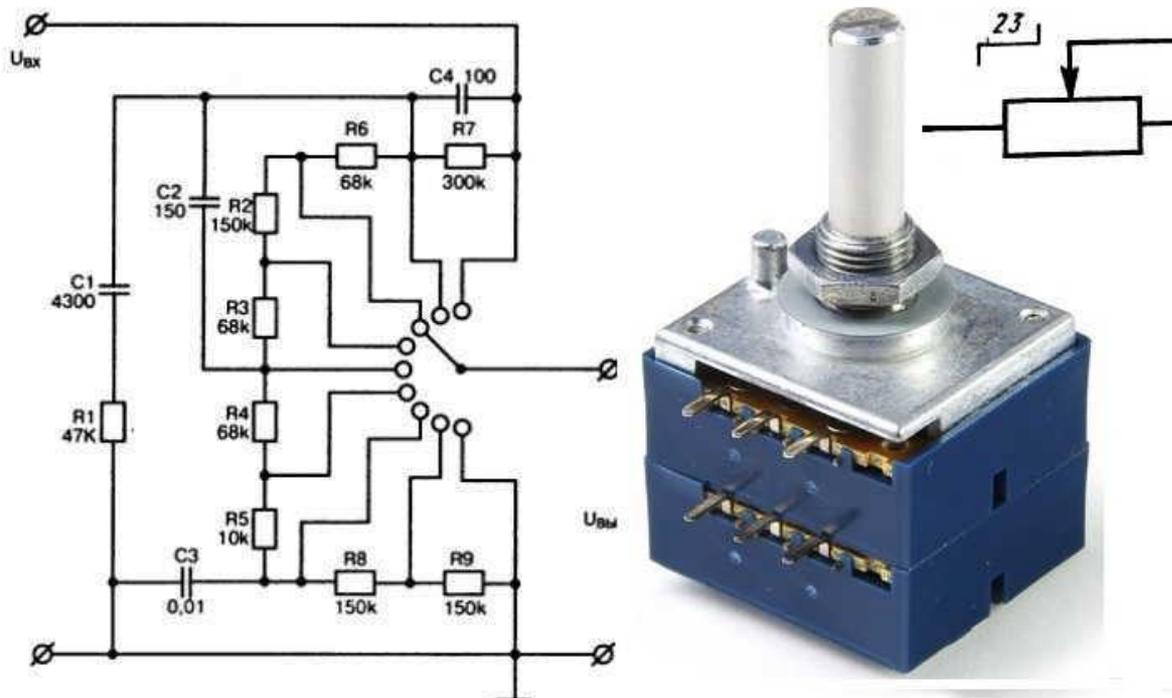


Двойной регулируемый резистор без физической связи между бегунками на схемах ничем не отличается от обычного регулируемого. Отличают их по буквенному обозначению с двумя цифрами, разделенными точкой через — как у спаренного — R15.1 и R15.2.

Частный случай сдвоенного переменного резистора — строенный, счетверенный и т. д. Они встречаются не так часто, все больше в акустической аппаратуре.

Дискретный переменный резистор

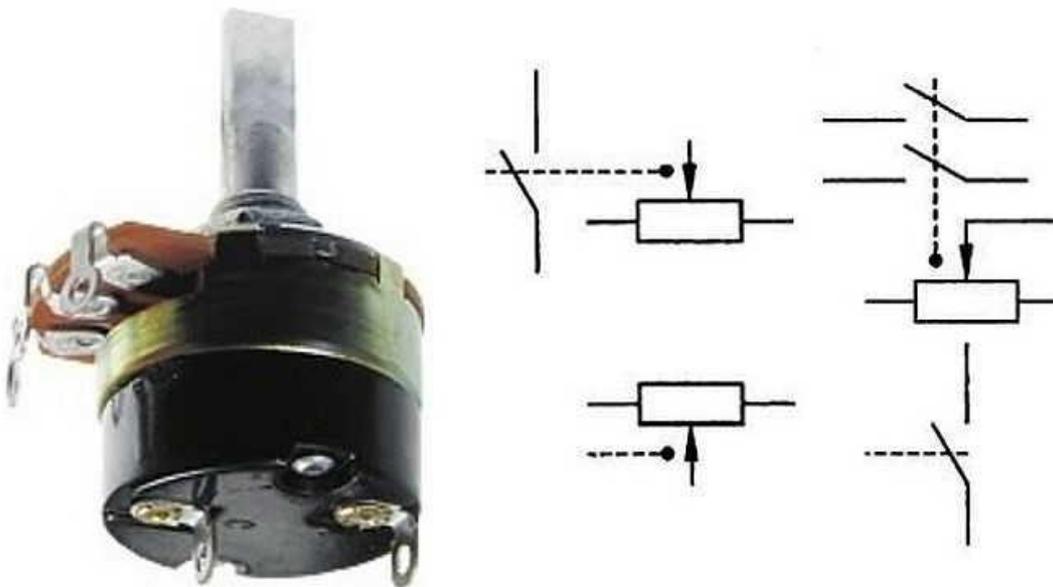
Чаще всего, изменение сопротивления при повороте ручки или передвижении ползунка происходит плавно. Но для некоторых параметров необходимо ступенчатое изменение параметров. Такие переменные сопротивления называют дискретными. Используют их для ступенчатого изменения частоты, громкости, некоторых других параметров.



Устройство этого типа резисторов отличается. По сути, внутри находится набор из постоянных резисторов, подключенных к каждому из выходов. При переключении подвижный контакт перескакивает с выхода на выход, подключая к цепи нужный в данный момент резистор. Принцип действия можно сравнить с многопозиционным переключателем.

С выключателем

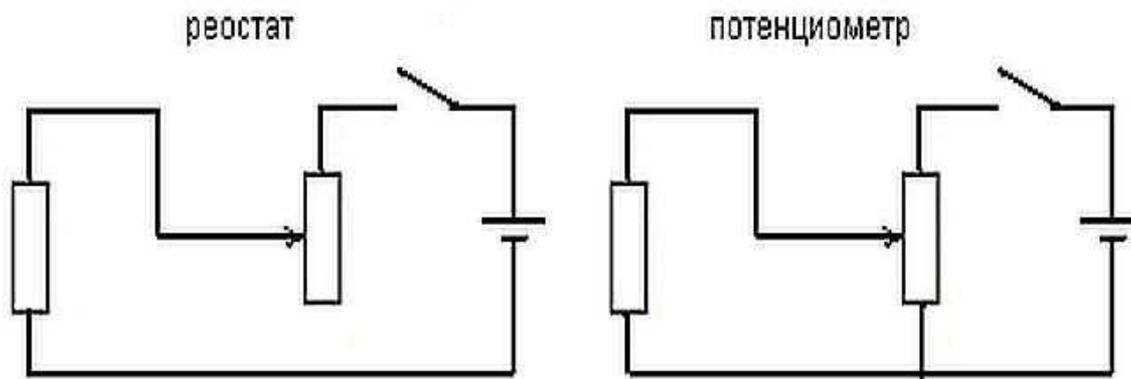
Такие резисторы мы встречаем часто — в радио и других устройствах. Это с их помощью поворотом ручки включается питание, а затем регулируется громкость. Внешне их отличить невозможно, только по описанию.



Переменный резистор с выключателем в одном корпусе: как выглядит, как обозначается на схеме

Способы подключения: реостат и потенциометр

Любое регулируемое сопротивление может подключаться как реостат или потенциометр. Реостат изменяет силу тока в цепи, для этого подключается подвижный контакт и один из крайних выводов.

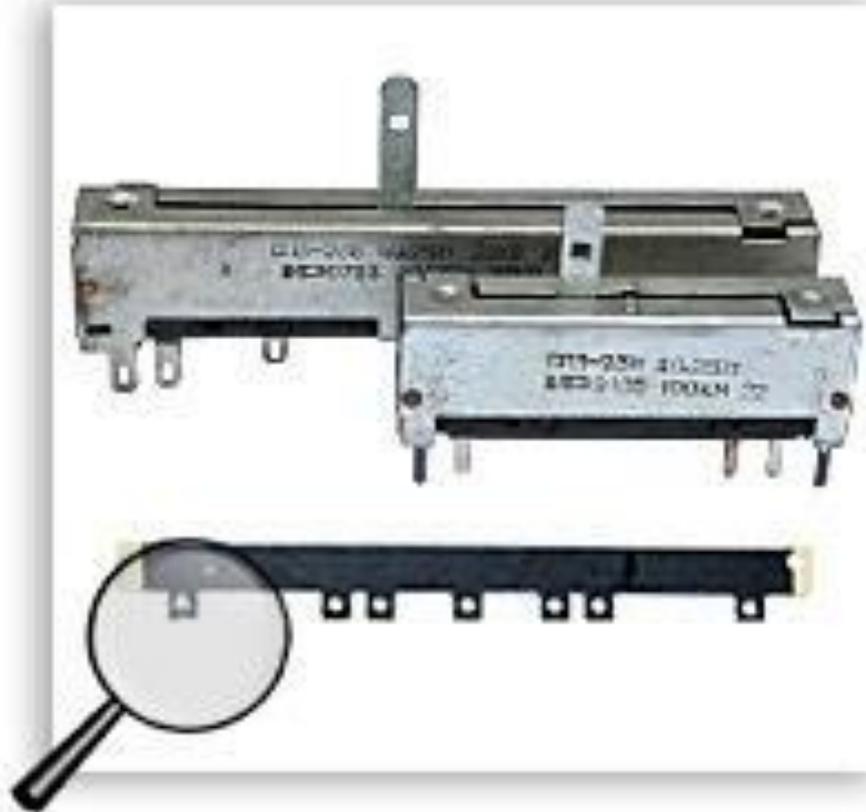


Потенциометр изменяет напряжение, при подключении задействуют все контакты, получая таким образом делитель напряжения.

Существует много разных конструкций переменных резисторов, но их все можно разделить на **две основные группы**, которые **отличаются траекторией движения скользящего контакта**. Траектория же эта определяется формой резистивного элемента.

Потенциометры с линейным перемещением подвижной системы (слева).

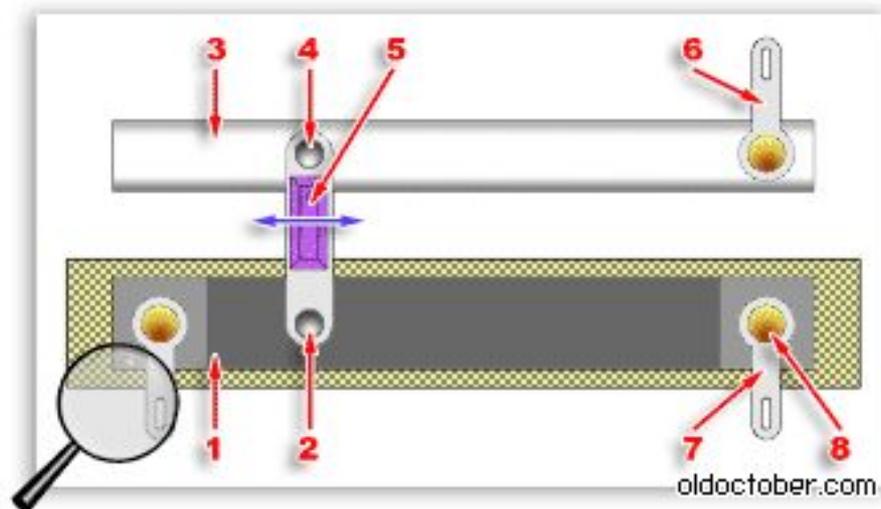
Потенциометры с круговым перемещением подвижной системы (справа).





У любого переменного или подстроечного резистора есть следующие элементы конструкции.

1. Резистивный элемент, сопротивление которого и определяет номинал резистора.
2. Скользящий, подпружиненный, подвижный контакт, который скользит по поверхности резистивного элемента.
3. Коллектор – металлическая или металлизированная дорожка.
4. Токосъёмник – скользящий, подпружиненный подвижный контакт, который скользит по коллектору.
5. Ручка – элемент конструкции, передающий момент силы от пользователя к подвижной системе.
6. Вывод коллектора.
7. Вывод резистивного элемента. При использовании в бытовой технике, резистивный элемент может иметь до четырёх выводов.
8. Заклёпка, крепящая выводы потенциометра к резистивному элементу и токосъёмнику.





Потенциометры, с фиксацией среднего положения, используются для регулировки стереобаланса, тембра и других подобных функций с одновременным получением тактильных ощущений в нейтральном положении.

Потенциометры большой мощности



Мощные переменные резисторы используются, когда требуется управлять большими токами и при этом рассеивать большую мощность. Как правило, корпуса таких потенциометров изготавливают из керамики, а резистивный элемент из проволоки с высоким омическим сопротивлением. В любительской практике такие потенциометры обычно используются в качестве универсального эквивалента нагрузки.

Функциональная характеристика

В зависимости от угла поворота вала или положение движка потенциометра меняется омическое сопротивление между одним из выводов и скользящим контактом потенциометра.

Соотношение этих двух параметров представлены на графике, который отражает функциональные характеристики потенциометров разного типа.

Для обозначения функциональных характеристик переменных резисторов отечественного производства приняты следующие символы.

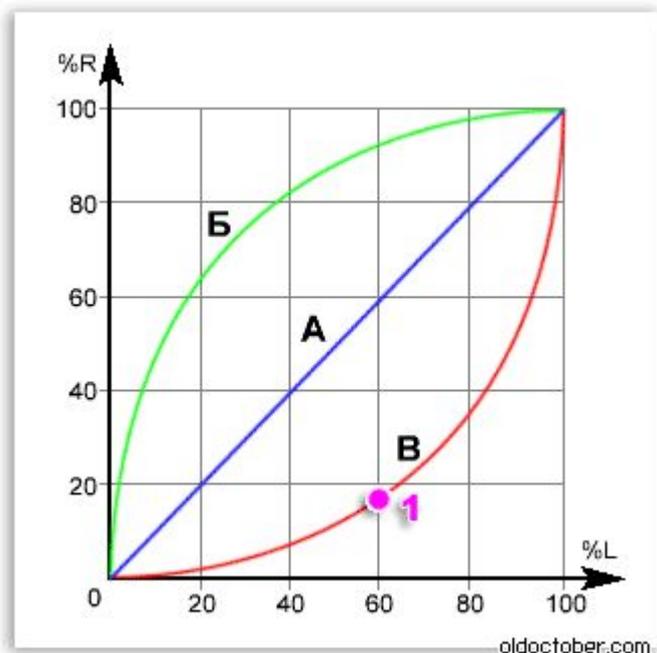
A – линейная

Б – обратно-логарифмическая

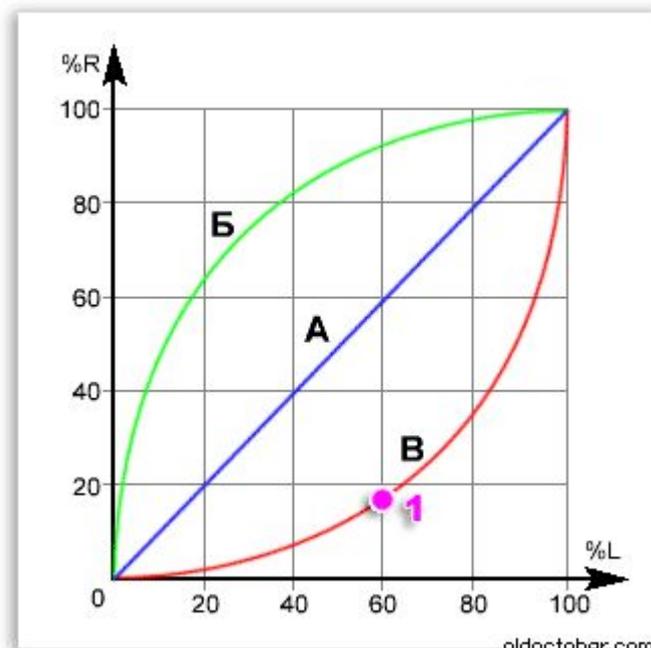
В – логарифмическая

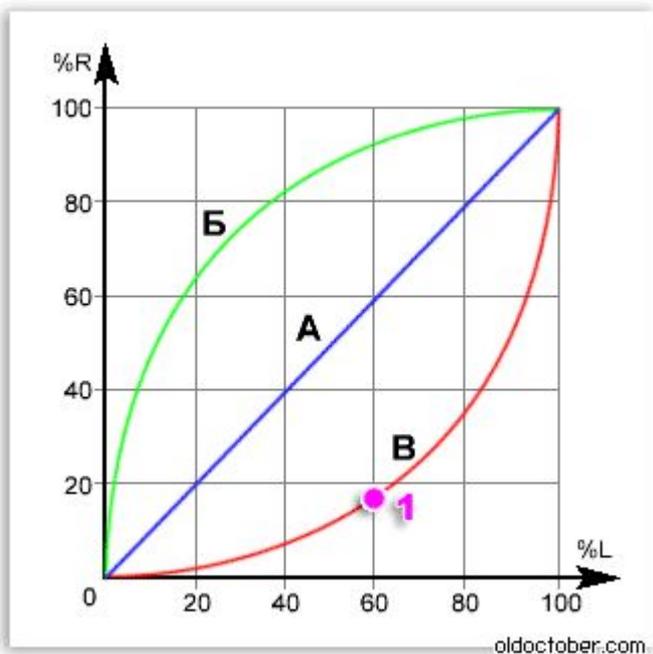
%R – изменение сопротивления в процентах

%L – изменение положения движка в процентах

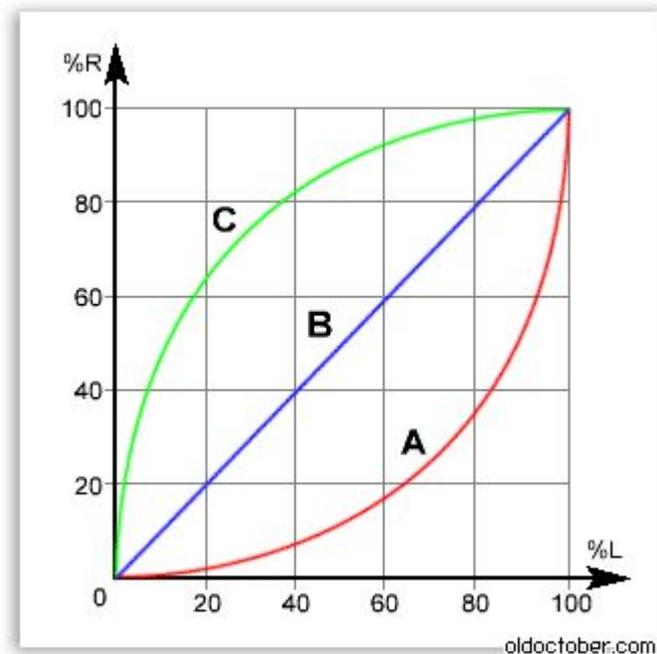


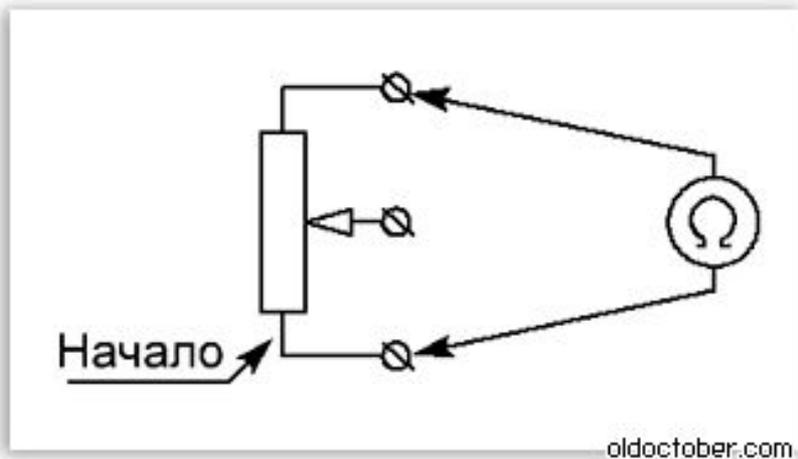
На графике видно, что если скользящий контакт потенциометра типа «В» переместить на 60% от всей длины резистивного элемента, то сопротивление изменится менее чем на 20% от номинального (поз. 1). Потенциометры с такой функциональной характеристикой широко применяют для регулировки громкости звука, так как человеческое ухо хорошо различает изменение громкости тихих звуков и плохо громких звуков. Этим параметром пренебрегать не следует.



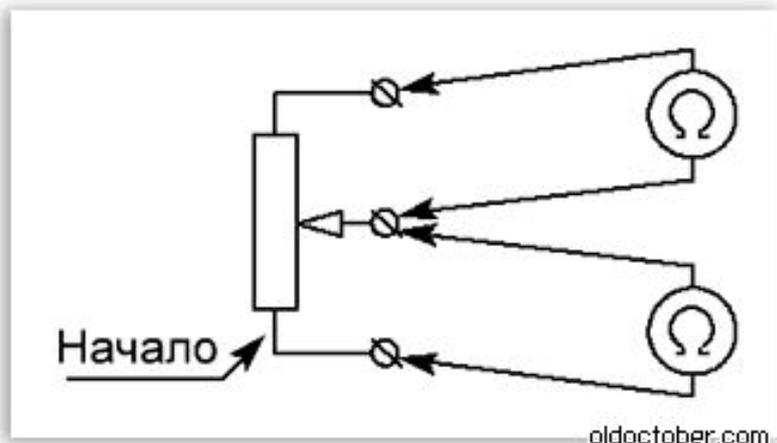


Нужно заметить, что международные символы не соответствуют нашим, но это нетрудно запомнить, так как буквы, обозначающие линейную и логарифмическую зависимость, у них используются строго наоборот.





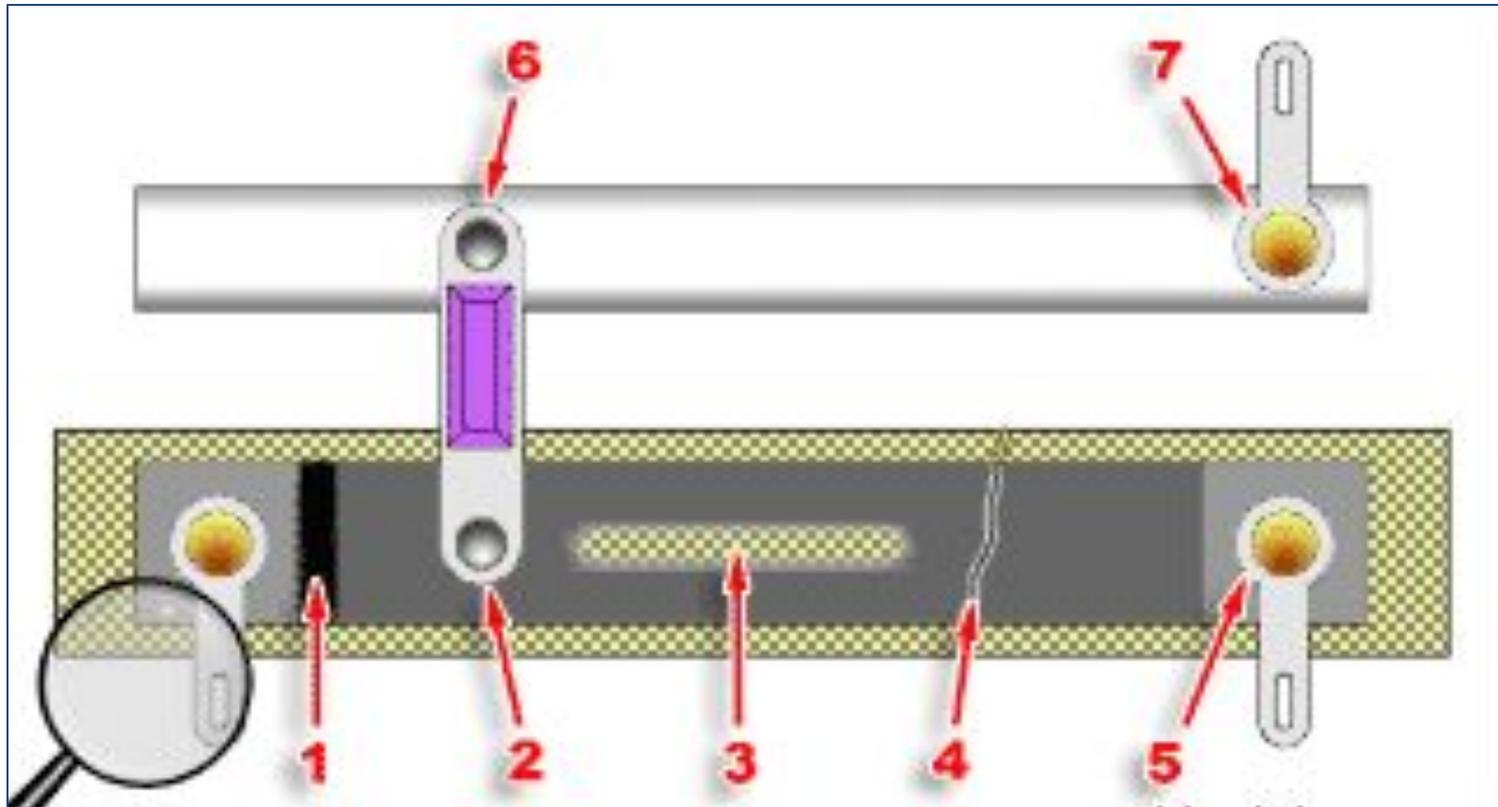
если есть сомнения по поводу кодовой маркировки и характеристики потенциометра, то их легко рассеять с помощью тестера или мультиметра. Номинал определяем, просто замеряя сопротивление между крайними выводами.



Для определения характеристики потенциометра, устанавливаем его движок в среднее положение и делаем два замера омметром. Если получаем близкие результаты, то это потенциометр с линейной зависимостью. Если между «началом» и движком сопротивление в несколько раз меньше, то зависимость логарифмическая.

Основные неисправности

Неисправности потенциометров и подстроечных резисторов, используемых в схемах усилителей низкой частоты, могут проявляться в виде шорохов, потрескиваний, повышенного уровня шума и полного пропадания сигнала.



Основные неисправности потенциометров.

1. Обрыв резистивного элемента из-за превышения максимально-допустимой рассеиваемой мощности. Обычно проявляется в виде прожжённого участка дорожки.
2. Нарушение контакта между бегунком и резистивным элементом, вызванное, либо накоплением продуктов разрушения резистивного элемента, либо износом резистивного элемента, либо износом скользящего контакта.
3. Нормальный износ резистивного элемента.
4. Обрыв резистивного элемента в результате превышения максимально-допустимой механической нагрузки. Это нередко случается с подстроечными резисторами, при использовании нерекомендуемого инструмента.
5. Нарушение контакта между резистивным элементом и выводами резистивного элемента. Характерно для подстроечных резисторов.
6. Нарушение контакта между токосъёмником и его металлической или металлизированной дорожкой-коллектором. Часто встречается у потенциометров типа СЗ-4 и СЗ-33.
7. Нарушение контакта между дорожкой токосъёмника и выводом. Редкая неисправность.

Проверка проволочных и непроволочных резисторов.

Для проверки проволочного и непроволочного резисторов постоянного и переменного сопротивления необходимо помнить следующее:

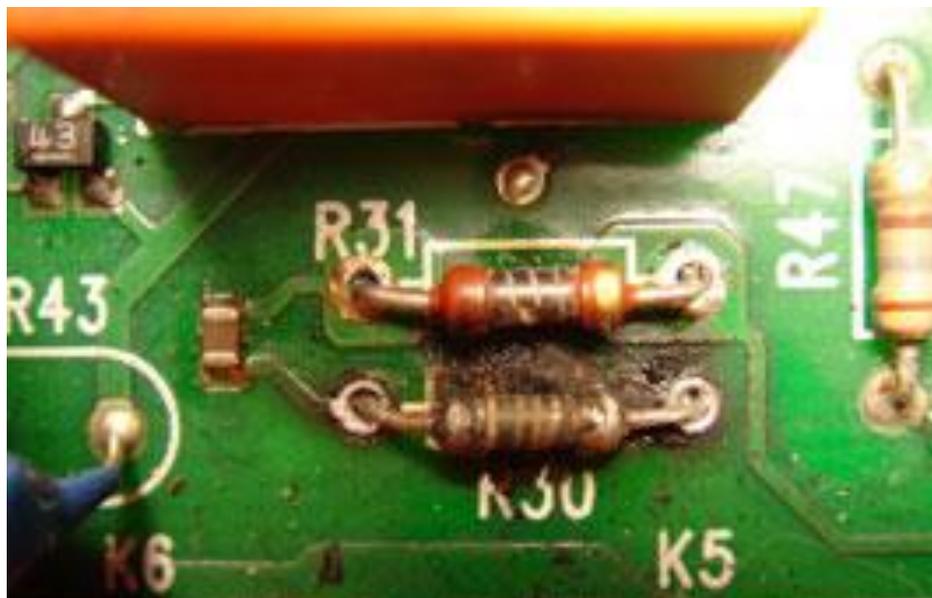
- произвести внешний осмотр;
- проверить работу движущего механизма переменного резистора и состояние его частей;
- по маркировке и размерам определить номинальную величину сопротивления, допустимую мощность рассеяния и класс точности;
- мультиметром измерить действительную величину сопротивления и определить отклонение от номинала;
- у переменных резисторов измерить еще и плавности изменения сопротивления при движении ползунка.

Резистор исправен, если нет механических повреждений, величина его сопротивления находится в допустимых пределах данного класса точности, а контакт ползунка с токопроводящим слоем постоянен и надежен.

Работоспособность радиоэлектронной аппаратуры обеспечивается установкой в схему радиоэлементов требуемых номиналов. Свой отрицательный вклад в неработоспособность схемы могут вносить и резисторы. Перечислим основные неисправности, которые могут возникать у резисторов

- **ошибочная или неправильная маркировка резисторов**, когда на корпусе резистора нанесено одно значение номинала сопротивления, в то время как реальное или фактическое сопротивление совершенно иное;
- **обрыв токоведущей поверхности резистора за счет микротрещин на керамическом основании резистора**. Этот дефект часто визуально не наблюдается, так как маскируется наружным защитным слоем лакового покрытия;
- **отслоение металлического колпачка от поверхности резистивного слоя - обрывается цепь**;
- **обрыв цепи из - за чрезмерного температурного перегрева /перегорания/ токоведущего слоя резистора**. Дефект визуально обнаруживается вследствие потемнения / почернения / лакового защитного покрытия резистора;
- **окисление выводов резистора**. Если в процессе пайки не облудить окислившиеся выводы, то это может стать причиной возникновения дефекта типа "обрыв цепи", особенно в токонагруженных цепях и при длительной эксплуатации аппарата в разнопогодных условиях;

- короткое замыкание между выводами резистора. Данный тип дефекта возможен, хотя вероятность его возникновения намного меньше дефектов типа "обрыв цепи".



К наиболее часто встречающимся **неисправностям** непроволочных **резисторов** относятся: частичное или полное выгорание токопроводящего слоя и нарушение электрического контакта этого слоя с хомутиком. Обе эти причины ведут к изменению номинальной величины сопротивления, что может быть выявлено с помощью мультиметра. Если параллельно проверяемому резистору включены другие элементы, при измерении номинала резистор отпаивают. Резистор считается неисправным, если величина сопротивления имеет отклонение от номинала более чем на 25 %.

На **неисправность резистора** указывают изменяющиеся показания измерительного прибора при незначительных покачиваниях его выводов. Как правило, неисправные проволочные резисторы не ремонтируются, а заменяются исправными. Перед заменой следует выяснить причину, приведшую к выходу резистора из строя, и устранить ее. При отсутствии **исправного резистора**, соответствующего параметрам вышедшего из строя, последний может быть составлен из нескольких резисторов, соединенных параллельно или последовательно для достижения нужного номинала.

1. Обрыв выводов

Причина неисправности:

- а) Некачественный резистор
- б) Неудачное крепление или повышенная вибрация

Принимаемые меры:

- а) Заменить
- б) Заменить, изменив крепление или устранив повышенную вибрацию

2. Сгорание

Причина неисправности:

- а) Перегрузка по току
- б) Напряжение, прикладываемое к резистору, выше допустимого
- в) Недостаточное охлаждение

Принимаемые меры:

- а) Заменить на резистор большей номинальной мощности
- б) Заменить на более высоковольтный резистор или включить при замене два (или более) резистора последовательно с сохранением общего сопротивления прежним
- в) Заменить, улучшив условия охлаждения

3. Нарушение контакта в переменном резисторе

Причина неисправности:

а) Износ подвижного контакта или проводящего слоя

Принимаемые меры:

а) Заменить

4. Изменение сопротивления сверх допустимого

Причина неисправности:

а) Некачественный резистор

б) Перегрузка по току

Принимаемые меры:

а) Заменить

б) Заменить на резистор большей номинальной мощности

Неисправности переменных непроволочных **резисторов** в большинстве случаев обусловлены отсутствием надежного контакта между скользящим контактом и токопроводящим слоем (загрязнением, деформацией скользящего контакта или токопроводящего слоя), а также заниженной величины сопротивления изоляции между металлическим корпусом резистора и выводами.

36°

