

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования-
«Оренбургский государственный университет»

Колледж электроники и бизнеса

Кафедра электронной техники и физики

Л. А. БУШУЙ

ИЗУЧЕНИЕ РЕЗИСТОРОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2009

УДК 621. 37(075. 32)
ББК 32. 843 я 73
Б90

Рецензент
преподаватель Проходцев В. В.

Б90 **Бушуй, Л. А.**
Изучение резисторов: методические указания к практической
работе /Л.А. Бушуй. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009.- 22 с.

Методические указания предназначены для проведения практической работы «Изучение резисторов» раздела «Проводниковые материалы» по дисциплине «Материаловедение, электрорадиоматериалы и радиокомпоненты» для студентов второго курса специальности «Техническое обслуживание и ремонт радиоэлектронной техники».

Методические указания составлены с учетом Государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по направлению подготовки дипломированных специалистов утвержденного 18.03.2002 Министерством образования Российской Федерации.

ББК 32. 843 я 73

© Бушуй Л. А., 2009
© ГОУ ОГУ, 2009

Содержание

Введение	
1	Теоретическая часть работы..... 4
1.1	Классификация, основные параметры, обозначение резисторов..... 4
1.1.1	Классификация резисторов..... 5
1.1.2	Основные параметры резисторов..... 6
1.1.3	Обозначение резисторов на электрических схемах..... 8
1.2	Виды соединения резисторов.....9
1.3	Система условных обозначений и маркировка резисторов..... 11
1.4	Переменные непроволочные резисторы..... 17
1.5	Рекомендации по применению резисторов..... 19
1.6	Неисправности резисторов..... 20
1.7	Контрольные вопросы..... 20
2	Практическая часть работы..... 21
2.1	Оборудование..... 21
2.2	Содержание отчёта..... 21
2.3	Порядок выполнения отчёта..... 21
	Список использованных источников.....22

Введение

Учебное пособие может быть использовано преподавателями и студентами при проведении практической работы «Изучение резисторов» раздела «Проводниковые материалы» дисциплины «Материаловедение, электрорадиоматериалы и радиокомпоненты», при подготовке студентов к тестированию и к экзаменам.

1 Теоретическая часть работы

1.1 Классификация, основные параметры, обозначение резисторов

Резистор (англ. resistor, от лат. resisto — сопротивляюсь) является одним из самых распространенных радиоэлементов. Резисторы составляют до 35 % общего количества элементов в схемах современной радиоэлектронной аппаратуры. Они используются в качестве нагрузочных и токоограничительных элементов, добавочных сопротивлений и шунтов, делителей напряжения. Резисторы обеспечивают режимы работы усилительных и генераторных приборов и позволяют погасить излишек питающего напряжения. Различные типы резисторов приведены на рисунке 1.

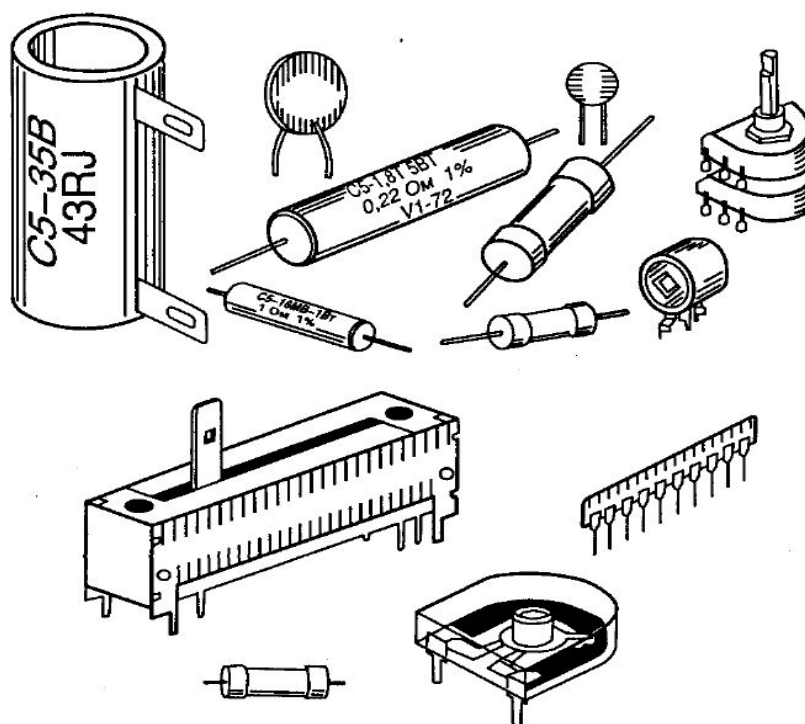


Рисунок 1 – Типы резисторов

1.1.1 Классификация резисторов

В зависимости от назначения различают постоянные и переменные резисторы. Постоянные и переменные резисторы приведены на рисунке 2.



Рисунок 2 – Классификация резисторов по назначению

Наибольшее распространение имеют постоянные резисторы общего назначения, которые используются практически во всех видах радиоаппаратуры и блоках питания. Номинальные значения таких резисторов находятся в пределах от 1 Ом до 10 МОм, а номинальные мощности составляют от 0,125 до 100 Вт. Класс точности резисторов общего назначения составляет 2, 5, 10 или 20 % номинала.

Кроме того, применяются постоянные резисторы специального назначения. К ним относятся, например, прецизионные (особо точные) резисторы, которые используются в основном в измерительных приборах в качестве шунтов. Допуск этих резисторов составляет от $\pm 0,001$ до 1 %. Они отличаются высокой стабильностью.

Высокочастотные резисторы также являются резисторами специального назначения. Они отличаются низкой собственной индуктивностью и предназначены для работы в высокочастотных узлах. Кроме того, имеются и другие виды постоянных резисторов.

Переменные резисторы подразделяются на подстроечные и регулировочные. Подстроечные резисторы впаиваются в схему, и при наладке их сопротивление подстраивается с помощью регулятора. На лицевую панель радиоаппаратуры регуляторы подстроечных резисторов не выводятся.

Износостойчивость подстроечных резисторов составляет до 1000 циклов.

Регуляторы регулировочных резисторов выводятся на лицевую панель. Они служат для регулировки параметров в процессе эксплуатации. Такие резисторы обеспечивают до 5000 циклов перестройки.

По виду зависимости номинального сопротивления регулировочного резистора от смещения его подвижной системы различают резисторы с пропорциональным и непропорциональным (нелинейным) законами регулирования сопротивления.

Резисторы классифицируются также по материалу резистивного элемента. Классификация резисторов по материалу резистивного элемента приведена на рисунке 3.



Рисунок 3 - Классификация резисторов по материалу резистивного элемента

1.1.2 Основные параметры резисторов

1) Номинальная мощность рассеяния $P_{ном}$ — мощность, которую резистор может рассеивать при непрерывной нагрузке, номинальных давлении и температуре. В радиоэлектронной аппаратуре чаще всего используются непроволочные резисторы с номинальными мощностями 0,125; 0,25; 0,5; 1 и 2 Вт. Мощность резистора определяется по формуле

$$P = U^2/R, \tag{1}$$

где U — напряжение на резисторе, В;
 R — сопротивление резистора, Ом.

С учетом возможного повышения температуры резисторы выбирают с номинальной мощностью на 20...30 % больше расчетной. Численное значение мощности обычно входит в обозначение резистора, например МЛТ-1, где $P_{\text{ном}} = 1$ Вт. Обычно на корпусах непроволочных резисторов приводится мощность при $P_{\text{ном}} > 2$ Вт;

2) Максимальное напряжение U_{max} — наибольшее напряжение (постоянное или действующее переменное), которое может быть приложено к токоотводам резистора с сопротивлением $P_{\text{ном}} > U_{\text{max}}^2 / P_{\text{ном}}$;

3) Температурный коэффициент сопротивления (ТКС) характеризует относительное изменение сопротивления при изменении температуры на 1 °С. Если сопротивление резистора при повышении температуры возрастает, а при понижении уменьшается, то ТКС положительный, если же с повышением (уменьшением) температуры сопротивление снижается (увеличивается) — ТКС отрицательный. Температурный коэффициент сопротивления непроволочных резисторов составляет от 0,03 1/°С до 0,1 1/°С, а резисторов повышенной точности — на порядок меньше;

4) Уровень шумов резистора, который оценивается по величине N их переменной ЭДС, возникающей на его зажимах и отнесенной к 1 В приложенного к резистору напряжения постоянного тока;

5) Номинальное сопротивление — это электрическое сопротивление, обозначенное на корпусе резистора и являющееся исходным для определения его допустимых отклонений. Резисторы выпускаются с таким значением номинального сопротивления, чтобы вместе с допуском оно было приблизительно равно значению сопротивления следующего номинала минус его допуск. Установлены следующие диапазоны номинальных сопротивлений: для постоянных резисторов — от долей Ома до единиц тераОм; для переменных проволочных — от 0,47 Ом до 1 МОм; для переменных непроволочных — от 1 Ом до 10 МОм. Иногда допускается отклонение от указанных пределов.

Численные значения номинальных сопротивлений резисторов, выпускаемых отечественной промышленностью, стандартизованы (ГОСТ 2825-67).

Разница между номинальным и действительным значениями (из-за погрешностей изготовления) сопротивления, отнесенная к номинальному значению, характеризует допускаемое отклонение (допуск) от номинального сопротивления (в процентах). Допуски также стандартизованы и согласно ГОСТ 9667—74 имеют следующие значения: $\pm 0,001$, $\pm 0,002$, $\pm 0,005$, $\pm 0,01$, $\pm 0,02$, $\pm 0,05$, $\pm 0,1$, $\pm 0,25$, $\pm 0,5$, ± 1 , ± 2 , ± 5 , ± 10 , ± 20 и ± 30 . Допуски указывают максимальное и минимальное значения номинального сопротивления.

Фактические значения сопротивлений могут отличаться от номинальных на величину стандартных допусков. Допуски указываются в процентах (от $\pm 0,001$ до ± 30).

Допустимые отклонения сопротивления (% от номинального значения) также обозначают буквами. Обозначение буквами допустимых отклонений сопротивления указаны в таблице 1.

Таблица 1 - Буквенное обозначение допустимого отклонения сопротивления

Обозначение	Ж	У	Д	Р	Л	И	С	В
Допустимое отклонение, %	± 0,1	± 0,2	± 0,5	± 1	± 2	± 5	± 10	± 20

1.1.3 Обозначение резисторов на электрических схемах

Условное обозначение резисторов на электрических схемах в зависимости от их типа приводится в таблице 2.

Таблица 2- Обозначение резисторов на электрических схемах

Тип	Обозначение
Резистор постоянный с номинальной мощностью рассеяния: 0,05 Вт 0,125 Вт 0,25 Вт 0,5 Вт 1 Вт 2 Вт 5 Вт	
Резистор с постоянными отводами	
Резистор регулируемый: Общего назначения С разрывом цепи Без разрыва цепи	
Резистор подстроечный	

Резисторы с сопротивлением от 1 до 1000 Ом обозначаются на схемах целыми числами без указания единицы измерения (например, ЛЗЗО означает, что резистор R имеет сопротивление 330 Ом).

Сопротивление, составляющее долю или число с долями Ома, обозначается с указанием единицы измерения (например, 0,33 Ом или 3,3 Ом).

Резисторы с сопротивлением от 1 до 910 кОм обозначаются числом кОм с прибавлением буквы К (например, Л910К).

Резисторы с сопротивлением от 1 МОм и выше обозначаются без указания единицы измерения. Кроме того, если сопротивление равно целому числу, то после его численного значения ставятся запятая и нуль (например, сопротивление 1 МОм обозначается 1,0).

1.2 Виды соединения резисторов

В радиосхемах применяются последовательное, параллельное и комбинированное соединения резисторов.

Эквивалентное сопротивление последовательно соединенных резисторов равно сумме величин сопротивлений этих резисторов:

$$R_3 = R_1 + R_2 + \dots + R_n, \quad (2)$$

где R_3 - эквивалентное сопротивление;

R_1 – сопротивление первого резистора, Мом;

R_2 – сопротивление второго резистора, Мом;

R_n - сопротивление n-ого резистора

Например, если последовательно соединены два резистора с номинальными сопротивлениями 100 Ом и 1 кОм, то номинальное сопротивление эквивалентного резистора составит 1,1 кОм $1(100 + 1000)$ Ом.

При последовательном соединении сила тока, протекающего через все соединенные резисторы, одинакова. Следовательно, суммарная мощность распределяется между резисторами пропорционально их номинальным сопротивлениям.

На рисунке 4 показана схема последовательного соединения трех резисторов.

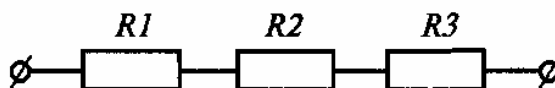


Рисунок 4- Схема последовательного соединения резисторов

При параллельном соединении на все резисторы действует одинаковое напряжение. Общая сила тока, протекающего по цепи, равна сумме сил токов, проходящих через соединенные резисторы. Поэтому эквивалентное

сопротивление будет меньше минимального номинального сопротивления и сопротивления соединенных резисторов.

Эквивалентное сопротивление, двух параллельно соединенных резисторов определяется по формуле:

$$R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (3)$$

Эквивалентное сопротивление трех и более резисторов вычисляется по формуле:

$$1/R_3 = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n \quad (4)$$

На рисунке 5 приведена схема параллельного соединения трех резисторов.

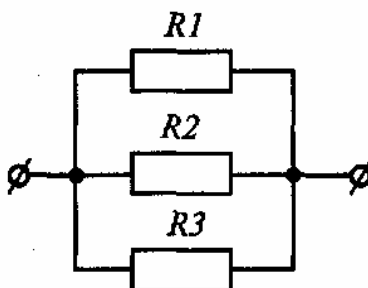


Рисунок 5 - Схема параллельного соединения резисторов

Комбинированное соединение включает в себя последовательную и параллельную схемы подсоединения резисторов. Последовательная и параллельная схемы подсоединения резисторов указаны на рисунке 6.

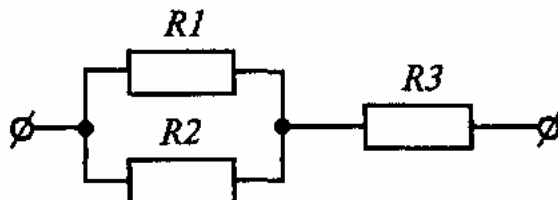


Рисунок 6 - Схема комбинированного соединения резисторов

Эквивалентное сопротивление вычисляется по формуле:

$$R_3 = (R_1 R_2)/(R_1 + R_2) + R_3 \quad (5)$$

1.3 Система условных обозначений и маркировка резисторов

В соответствии с ОСТ 11.074.009—78 сокращенное условное обозначение резисторов состоит из нескольких элементов.

Первый элемент — буква или сочетание букв — обозначает подкласс резисторов:

- Р — резисторы постоянные;
- РП — резисторы переменные;
- НР — наборы резисторов.

Второй элемент — цифра — обозначает группу резисторов по материалу резистивного элемента:

- 1 — непроволочные;
- 2 — проволочные и металлофольговые.

Третий элемент представляет собой регистрационный номер конкретного типа резистора. Между вторым и третьим элементами ставится дефис.

Так, например, Р1-22 обозначает резистор постоянный, непроволочный; НР 1-7 обозначает набор резисторов непроволочных.

До введения указанного выше стандарта использовалась система обозначений, состоящая из букв и цифр, которая была введена в 1968 году.

Буквы обозначают группу изделий:

- С — резисторы постоянные;
- СП — резисторы переменные.

Цифра после буквенного обозначения указывает на материал токопроводящего элемента:

- 1 — непроволочные тонкослойные углеродистые и бороуглеродистые;
- 2 — непроволочные тонкослойные металлодиэлектрические и металлоокисные;
- 3 — непроволочные композиционные пленочные;
- 4 — непроволочные композиционные объемные;
- 5 — проволочные;
- 6 — непроволочные тонкослойные металлизированные.

После первой цифры через дефис присоединяется вторая цифра (число), обозначающая номер разработки.

Так, например, С2-26 обозначает резистор постоянный, непроволочный, тонкослойный металлодиэлектрический, номер разработки 26.

Буква «С» означает слово «сопротивление» (прежнее название резисторов). Выпуск резисторов с такой маркировкой продолжается и в настоящее время в связи с производством аппаратуры, запущенной в серию.

Кроме того, в эксплуатации находятся резисторы с маркировкой, принятой до 1966 году:

- МТ — металлизированные теплостойкие;
- МЛТ — металлизированные лакированные теплостойкие;
- МОН — металлоокисные низкоомные;
- КИМ — композиционные изолированные малогабаритные;

УЛИ — углеродистые лакированные измерительные;
БЛП — бороуглеродистые лакированные прецизионные;
МЛП — металлизированные лакированные прецизионные;
ВС — влагостойкие углеродистые;
ПЭВ — проволочные эмалированные влагостойкие.

В условное обозначение могут также входить необходимые параметры.

Для постоянных резисторов:

- 1) номинальная мощность рассеяния и единица ее измерения (Вт, кВт);
- 2) номинальное сопротивление и единица его измерения (Ом, кОм, МОм);
- 3) допустимое отклонение сопротивления (допуск) в процентах;
- 4) группа по температурному коэффициенту сопротивления

Для переменных резисторов:

- 1) номинальная мощность и единица ее измерения (Вт);
- 2) номинальное сопротивление и единица его измерения (Ом), также допуск в процентах;
- 3) функциональная характеристика для непроволочных резисторов;
- 4) обозначение конца вала и длины его выступающей части (размер от монтажной плоскости до конца вала: ВС-1 — сплошном гладкий; ВС-2 — сплошной со шлицей; ВС-3 — сплошной с лысками; ВС-4 — сплошной с двумя лысками; ВП-1 — полый гладкий, ВП-2 — полый с лыской).

После условного обозначения указывается номер технических условий, которым соответствует резистор.

В многоэлементных переменных резисторах все элементы обозначаются в виде дроби.

Так, например, P1-3ЗИ-0.25Вт-100кОм $\pm 2\%$ А 0.467.027. ТУ обозначает постоянный непроволочный резистор с регистрационным номером ЗЗИ, номинальной мощностью рассеяния 0,25 Вт, номинальным сопротивлением 100 кОм, допуском $\pm 2\%$ и группой по уровню шумов А; документ на поставку — 0.467.027 ТУ.

На резисторы малых габаритов наносятся кодированные обозначения номинального сопротивления, состоящие из трех или четырех знаков. Буква из русского или латинского алфавита в скобках обозначает множитель, составляющий значение сопротивления, и ставится на место десятичной запятой.

Буквы Е (R), К, М, Г (G), Т обозначают соответственно множители 1, 10, 10^3 , 10^6 , 10^{12} для значений сопротивления, выраженного в Омах.

Например: 365 Ом соответствует 365 Е (365 R); 100 кОм соответствует 100 К; 4,7 МОм соответствует 4М7; 3,3 ГОм соответствует 3Г3 (3G3).

На постоянные резисторы в соответствии с ГОСТ 17598—72 и требованиями Публикации 62 МЭК может наноситься цветная маркировка в виде колец или полос. Цвет каждого кольца соответствует цифрам, составляющим величину номинального сопротивления или величину допуска. Пример цветной маркировки резистора с сопротивлением 47 МОм и допуском $+5\%$ приведен на рисунке 7.

Маркировочные знаки должны быть смещены к одному из торцов резисторов и расположены слева направо в следующем порядке:

- 1-й — первая цифра;
- 2-й — вторая цифра; номинальное сопротивление;
- 3-й — множитель;
- 4-й — допуск.

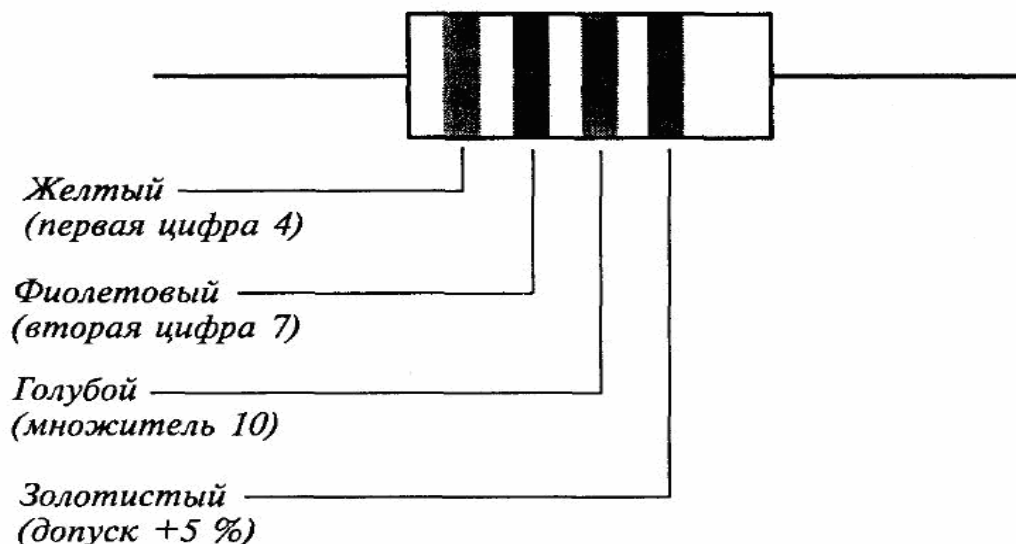


Рисунок 7 - Расположение маркировочных знаков на малогабаритных резисторах

Резисторы с номинальным сопротивлением, выраженным тремя цифрами и множителем, имеют цветную маркировку из пяти знаков. Если размеры резистора не позволяют разместить маркировку ближе к одному из торцов, площадь первого знака делается в 2 раза больше площади других знаков.

Используемые для маркировки цвета приводятся в таблице 3. Цветная маркировка облегчает труд сборщиков радиоаппаратуры в серийном производстве. В отличие от цифровой, цветная маркировка видна со всех сторон.

Таблица 3 – Цвета знаков, используемые для маркировки номинального сопротивления и допустимых отклонений

Цвет	Номинальное сопротивление, Ом				Допуск %
	Первая цифра	Вторая цифра	Третья цифра	множитель	
Серебристый	-	-	-	10^{-2}	± 10
Золотистый	-	-	-	10^{-1}	± 5
Черный	-	0	-	1	-
Коричневый	1	1	1	10	± 1
Красный	2	2	2	10^2	± 2
Оранжевый	3	3	3	10^{-2}	-
Желтый	4	4	4	10^{-2}	-
Зеленый	5	5	5	10^{-2}	$\pm 0,5$
Голубой	6	6	6	10^{-2}	$\pm 0,25$
Фиолетовый	7	7	7	10^{-2}	$\pm 0,1$
Серый	8	8	8	10^{-2}	$\pm 0,05$
Белый	9	9	9	10^{-2}	-

Цветовая маркировка резисторов приведена на рисунках 8, 9.

Резисторы. Цветовая маркировка

Цвет полосы (точки)	1-й элемент	2-й элемент	3-й элемент	Множитель	Допуск	ТКС, %/°C
Золотой				0,01Ω	± 5%	
Серебряный				0,1Ω	± 10%	
Черный		0	0	1Ω	± 20%	
Коричневый	1	1	1	10Ω	± 1%	100
Красный	2	2	2	100Ω	± 2%	50
Оранжевый	3	3	3	1kΩ		15
Желтый	4	4	4	10kΩ		25
Зеленый	5	5	5	100kΩ	± 0,5%	
Голубой	6	6	6	1MΩ	± 0,25%	10
Фиолетовый	7	7	7	10MΩ	± 0,1%	5
Серый	8	8	8	100MΩ	± 0,05%	
Белый	9	9	9			1

Пример обозначения

2 кОм ±1%

10 кОм ±2%
100 %/°C

2 кОм ±5%

100 Ом ±10%

Рисунок 8 - Цветовая маркировка резисторов

Резисторы проволочные. Цветовая маркировка				
Цвет полосы (точки)	1-й элемент	2-й элемент	Множитель	Допуск
Золотой				$\pm 5\%$
Серебряный			$0,1\Omega$	$\pm 10\%$
Черный		0	1Ω	
Коричневый	1	1	10Ω	$\pm 1\%$
Красный	2	2	100Ω	$\pm 2\%$
Оранжевый	3	3	$1k\Omega$	$\pm 3\%$
Желтый	4	4	$10k\Omega$	$\pm 4\%$
Зеленый	5	5		
Голубой	6	6		
Фиолетовый	7	7		$\pm 0,1\%$
Серый	8	8		$\pm 0,05\%$
Белый	9	9		


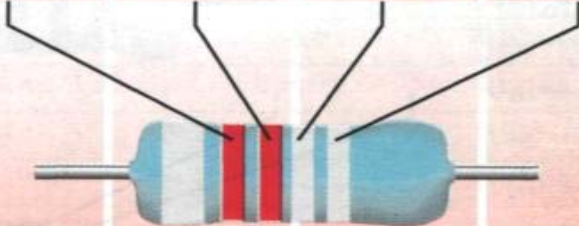
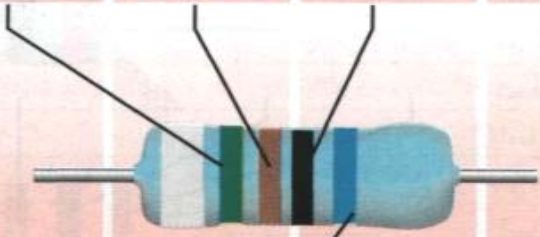
Пример обозначения	
100 Ом $\pm 20\%$	
	
2,2 Ом $\pm 10\%$	
	
51 Ом $\pm 20\%$	
Термоустойчив (голубая полоса)	

Рисунок 9 - Цветовая маркировка резисторов

Первые одна или две полосы серебряного или белого цвета означают, что резистор – проволочный (на рисунке изображены слева).

1.4 Переменные непроволочные резисторы

Промышленностью выпускаются различные типы переменных резисторов. Наибольшее распространение получили непроволочные композиционные переменные резисторы СП, состоящие из изолирующего основания, токопроводящего элемента, скользящего контакта и подвижной системы с осью. Непроволочные композиции представлены на рисунке 10.

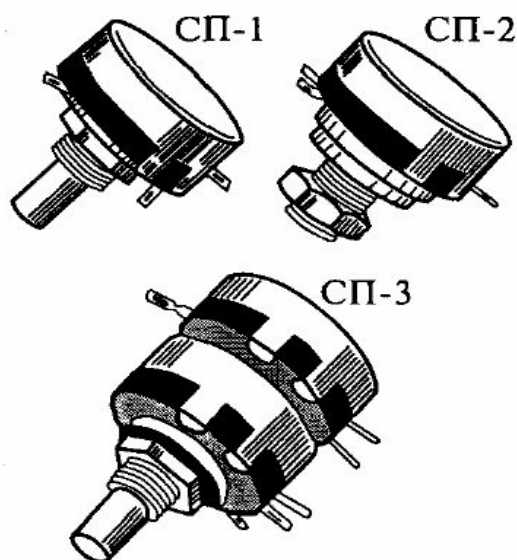


Рисунок 10 – Непроволочные переменные резисторы

Переменные резисторы имеют различные зависимости изменения сопротивления от угла поворота подвижного контакта, показанного на рисунке 11: А — линейная; Б — логарифмическая; В — экспоненциальная; И — симметрично-обратная.

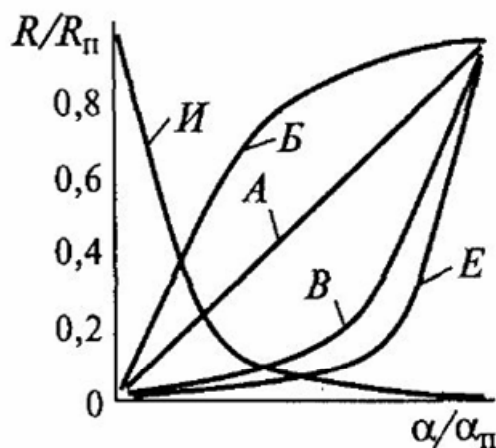


Рисунок 11 – Зависимости изменения сопротивления

Характеристики переменных резисторов:

R – сопротивление между средним и левым выводами резистора;

R_n – полное активное сопротивление токопроводящего элемента;

α - угол поворота между средним и левым выводами резистора;

α_n – полный угол поворота оси резистора.

Допустимые отклонения сопротивлений на переменных резисторах не указывают. Допустимое отклонение сопротивления от номинального значения для резисторов до 220 кОм составляет +20 %, а для резисторов более 220 кОм +30%. Основные параметры непроволочных переменных резисторов приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Основные параметры непроволочных резисторов

Резистор	Рабочая температура, °С	Функциональная характеристика	Номинальная мощность, Вт	Предельное номинальное сопротивление	Максимальное рабочее напряжение, В
1	2	3	4	5	6
СП-1 СП-2	От -65 до +125	А	2	470 Ом ... 4,7 МОм	500
СП-3 СП-4		Б,В	1; 05	4,7 кОм ... 2 МОм	400
СПЗ-1а СПЗ-1б	От -60 до +70	А	0,25	470 Ом ... 1 МОм	250
СПЗ-2а	От -60 до +70	А	0,5	470 Ом ... 4,7 МОм	300
СПЗ-2б		Б,В	0,25	4,7 кОм ... 2,2 МОм	200
СПЗ-3а	От -60 до +55	А	0,5	1 кОм ... 1МОм	50
СПЗ-3б		В	0,025	4,7 кОм ... 1 МОм	30
СПЗ-4а	От -60 до +70	А	0,25	220 Ом ... 470 кОм	150
СПЗ-4б		Б,В	0,125	4,7 кОм ... 2,2 МОм	100
СПЗ-12	От -20 до +70	А	0,25	2,2 кОм ... 2,2 МОм	-
		Б,В	0,125	4,4 кОм ... 2,2 МОм	-
		Е,И	0,125	100 кОм ... 2,2 МОм	-

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6
СПЗ-23	От -45 до +75	А	0,125 0,25 0,5	220 Ом ... 2,2 МОм	100, 150, 200, 250
		Б,В,С	0.05 0.125	1 кОм ... 2,2 МОм	
		Е,И	0,25	22 кОм ... 2,2 МОм	
СПЗ-30а	От -45 до +70	А	0,25	2,2 кОм ... 6,8 МОм	200
СПЗ-30б		Б,В	0,125	4,7 кОм ... 2,2 МОм	

1.5 Рекомендации по применению резисторов

В процессе эксплуатации резисторы подвергаются воздействию различных внешних факторов (температуры, влажности, атмосферного давления, вибрации, одиночным и многократным ударам, акустическим шумам и др.), влияющих на их надежность, долговечность и работоспособность. Воздействие повышенной температуры и ее циклическое изменение способствуют старению проводниковых, контактных и изоляционных материалов, нарушению герметичности паяных соединений, вызывая тем самым необратимые изменения параметров резисторов. Повышение температуры и одновременное увеличение электрической нагрузки усиливают указанные выше процессы.

При работе с номинальной мощностью нагрузки сопротивление тонкослойных резисторов обычно увеличивается, а при нагрузке — уменьшается. У толстопленочных композиционных резисторов в начале (после 300...500 ч работы) сопротивление уменьшается, а к концу срока службы увеличивается.

Резисторы, применяемые в колебательных контурах, усилителях высокой частоты, аттенюаторах, должны обладать только активным сопротивлением, т. е. их сопротивление не должно изменяться в рабочем диапазоне частот. Допустимое значение частотной погрешности СВЧ резисторов нормируется в определенном диапазоне частот. Граничная частота, на которой может работать резистор, зависит от его номинального сопротивления и собственной емкости $C: f_{гр} = 1/(4\pi RC)$. Например, собственные емкости непроволочных резисторов (ВС, МТ, ОМЛТ, С2-6, С2-13J С2-14, С2-23, С2-33) находятся в интервале от 0,1 до 1,1 пФ.

Проволочные резисторы, имеющие многослойную намотку могут работать с импульсным напряжением, не превышающим номинальное. Все резисторы с импульсной мощностью, не превышающей номинальную, могут

работать без ограничения длительности импульсов.

При выборе конкретных типов резисторов для работы в РЭА необходимо учитывать условия эксплуатации (диапазон температур окружающей среды, влажность, атмосферное давление, механические нагрузки), требуемые значения параметров (номинальное сопротивление, допуск, сопротивление изоляции, шумы, вид функциональной характеристики переменных резисторов, ТКС), допустимые рабочие режимы (мощность, напряжение, частоту), конструкцию резисторов, виды концов валов управления переменных резисторов, способ монтажа, габаритные размеры, массу, показатели надежности, долговечности и сохраняемости.

С целью повышения надежности резисторы должны эксплуатироваться в облегченных по сравнению с допустимыми режимах (не более 0,7 номинальных).

1.6 Неисправности резисторов

Резисторы являются самыми многочисленными элементами в схемах РЭА. Проверить сопротивления резисторов можно с помощью омметра. Основной неисправностью у постоянных резисторов является увеличение сопротивления. Это чаще всего наблюдается у высокоомных (сотни кОм и более) или у низкоомных (единицы Ом) резисторов.

Обрыв в постоянных резисторах чаще всего выявляется при визуальном осмотре (нарушение окраски, черная поперечная окраска и т.п.).

Основной неисправностью переменных резисторов являются периодические обрывы в них из-за плохого контакта ползунка с резистивным слоем или из-за износа резистивного слоя, на что указывает неплавный (с рывками) ход стрелки омметра при передвижении ползунка. Типичной неисправностью этого элемента является также замыкание на корпус, когда резистор установлен на заземленном шасси или на металлизированной части печатной платы, соединенной с корпусом.

1.7 Контрольные вопросы

- 1) На какие группы подразделяются резисторы в зависимости от конструкции, назначения и материала проводящего слоя?
- 2) Назовите основные параметры резисторов?
- 3) Обозначение и маркировка резисторов?
- 4) Чему равно эквивалентное сопротивление параллельно соединенных резисторов?
- 5) Чему равно эквивалентное сопротивление последовательно соединенных резисторов?
- 6) Назовите неисправности резисторов?

2 Практическая часть работы

Тема работы: Резисторы

Цель работы: Ознакомиться с классификацией, основными параметрами, обозначением, маркировкой, видами соединения и с рекомендациями по применению резисторов.

2.1 Оборудование:

- 1) набор постоянных резисторов;
- 2) набор переменных резисторов;
- 3) справочные пособия;
- 4) измерительные приборы.

2.2 Содержание отчёта:

- 1) тему работы;
- 2) цель работы;
- 3) оборудование;
- 4) эскизы постоянных и переменных резисторов;
- 5) ответы на контрольные вопросы.

2.3 Порядок выполнения работы

- 1) ознакомиться с теоретическим материалом о резисторах;
- 2) зарисовать различные виды резисторов из набора;
- 3) научиться с помощью справочников определять по маркировке виды и параметры резисторов;
- 4) научиться с помощью измерительных приборов определять неисправности элементов;
- 5) оформить отчет и защитить работу.

Список использованных источников

- 1 **Хабаров, Б.П.** Техническая диагностика и ремонт бытовой радиоэлектронной аппаратуры: учебное пособие / Б.П. Хабаров, Г.В. Куликов, А.А.Парамонов, под общей редакцией Г.В. Куликова.– М.:Горячая линия-Телеком, 2004 – 376 с.: ил
- 2 **Миссюль, П.И.** Техническое обслуживание и ремонт бытовой радиоаппаратуры /П.И. Миссюль – Мн.: Выш.шк., 2002. – 320с.: ил.
- 3 **Ярочкина, Г.В.** Радиоэлектронная аппаратура и приборы. Монтаж и регулировка / Г.В. Ярочкина – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 240 с.
- 4 **Гусев В.Г** Электроника / В.Г.Гусев, Ю.М. Гусев – М.:Высшая школа, 2004 -621с
- 5 **Фрумкин, Г.Д.** Расчет и конструирование радиоаппаратуры / Г.Д. Фрумкин - М.:Высшая школа, 2002 -462с
- 6 **Кучумов, А.И.** Электроника и схемотехника. Учебное пособие. 3-е изд. / А.И. Кучумов - М.: Гелиос АРВ, 2005 – 366с.:ил
- 7 **Аксёнов, А.И.** Элементы схем бытовой радиоаппаратуры. Конденсаторы. Резисторы: Справочник. / А.И Аксёнов, А.В. Нефёдов – М.: Радио и связь, 2000.- 240 с.
- 8 **Аксёнов, А.И.** Резисторы. Конденсаторы: Справочное пособие. / А.И Аксенов, А.В. Нефёдов - М.: Солон-Р, 2000.- 240 с.
- 9 **Дубровский, В.В.** Резисторы: Справочник. / В.В. Дубровский, Д.М. Иванов, Н.Я. Пратусевич -М.: Радио и связь, 2001.- 528 с.