

1.3. ПАССИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ РЭА

Элементы РЭА. Все элементы РЭА можно разделить на две группы: активные и пассивные. К активным относятся элементы, осуществляющие преобразование электрических сигналов с одновременным увеличением их энергии или мощности. Активными элементами являются биполярные и полевые транзисторы, электронно-управляемые лампы, полупроводниковые и другие приборы, принцип действия которых основан на использовании квантово-механического туннельного эффекта или на управлении перемещением электрических или магнитных доменов в кристаллах и тонких пленках. В пассивных элементах преобразование сигналов происходит без увеличения их энергии и даже с частичной ее потерей.

В зависимости от выполняемой функции пассивные элементы подразделяются на следующие группы: резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности (дрессели, трансформаторы) и соединяющие проводники и пленки.

Резисторы. Это наиболее распространенные детали РЭА. На долю резисторов приходится от 20 до 50 % общего числа элементов. Принцип работы резисторов основан на использовании свойств различных материалов оказывать сопротивление электрическому току. Основными параметрами резисторов являются: номинальное сопротивление, допуск, номинальная мощность рассеяния, максимальное рабочее напряжение, стабильность сопротивления.

Номинальное сопротивление R (значение сопротивления резистора, обозначенное на корпусе резистора или в сопроводительной документации) выражается в омах (Ом), килоомах (кОм), мегаомах (МОм) и т. д. Значения номинальных сопротивлений стандартизированы и определяются шестью рядами: E6, E12, E24, E48, E96, E192. Числовые коэффициенты первых трех наиболее употребительных рядов приведены в табл. 1.1. Номинальное

Табл. 1.1. Шкала числовых коэффициентов стандартизованных рядов E6, E12 и E24

E6 ±20 %	E12 ±10 %	E24 ±5 %	E6 ±20 %	E12 ±10 %	E24 ±5 %	E6 ±20 %	E12 ±10 %	E24 ±5 %
1,0	1,0	1,0	2,2	2,2	2,2	4,7	4,7	4,7
—	—	1,1	—	—	2,4	—	—	5,1
—	1,2	1,2	—	2,7	2,7	—	5,6	5,6
—	—	1,3	—	—	3,0	—	—	6,2
1,5	1,5	1,5	3,3	3,3	3,3	6,8	6,8	6,8
—	—	1,6	—	—	3,6	—	—	7,5
—	1,8	1,8	—	3,9	3,9	—	8,2	8,2
—	—	2,0	—	—	4,3	—	—	9,1

сопротивление получают умножением числового коэффициента на 10^n , где n — целое положительное или отрицательное число или нуль.

Максимально допустимое отклонение реального сопротивления резистора от его номинального значения, выраженное в процентах, называется *допуском*. Допуски, как и номинальные сопротивления, нормированы и определяются классом точности, устанавливающим величину производственной погрешности. Наиболее употребительными являются три класса точности: I класс соответ-

вует допуску $\pm 5\%$; II класс — ± 10 ; III класс — $\pm 20\%$. Прецизионные резисторы изготавливаются с допусками: $\pm 2\%$; ± 1 ; $\pm 0,5$; $\pm 0,2$; $\pm 0,1$; $\pm 0,05$; $\pm 0,02$; $\pm 0,01\%$.

Под *номинальной мощностью рассеяния* $P_{\text{ном}}$ понимают наибольшую мощность, создаваемую протекающим через резистор током, при котором он может длительное время работать, сохраняя свои параметры. Резисторы выпускаются с номинальной мощностью рассеяния 0,01; 0,025; 0,05; 0,125; 0,25; 0,5; 1; 2; 5; 10 Вт и более.

Максимальное рабочее напряжение — это максимальное напряжение, приложенное к резистору, при котором еще не возникает электрического пробоя.

Стабильность сопротивления резистора характеризуется в основном температурным коэффициентом сопротивления ТКР, который определяется выражением

$$\text{TKR} = \frac{\Delta R}{R \Delta T}$$

ТКР может быть положительным, отрицательным или равным нулю.

По материалу изготовления резистивной области различают проволочные и непроволочные резисторы, а в зависимости от возможности изменения сопротивления они бывают нерегулируемые (постоянные), регулируемые (переменные) и подстроечные.

Из различных нерегулируемых резисторов в радиоэлектронной аппаратуре наибольшее распространение получили резисторы типов ВС (высокостабильные углеродистые), МЛТ (металлизированные лакированные теплостойкие), УЛМ (углеродистые лакированные малогабаритные), МТ и С2-6 (металлооксидные теплостойкие).

В регулируемых резисторах можно изменять сопротивление от нуля до значения, указанного на корпусе этих резисторов. По виду зависимости сопротивления между начальным выводом токопроводящей части и подвижным контактом (движком) от угла поворота а оси различают регулируемые резисторы типа А — с линейной зависимостью, типа Б — с логарифмической и типа В — с показательной зависимостью (рис. 1.3, а).

Для регулирования стереобаланса двухканальных усилителей стереофонических устройств используются переменные резисторы с функциональными характеристиками типа Е и И (рис. 1.3, б).

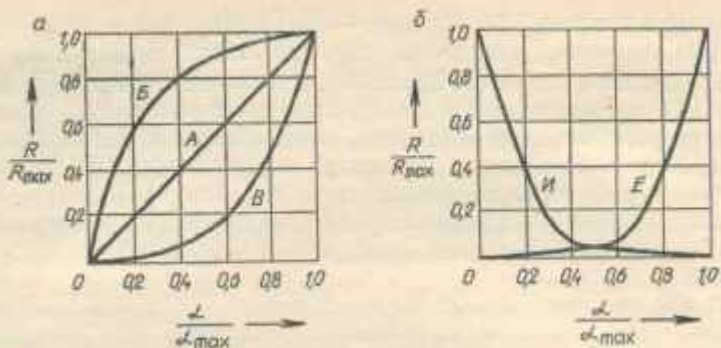


Рис. 1.3. Функциональные характеристики регулируемых резисторов

Подстроечные резисторы отличаются от регулируемых тем, что не имеют выступающей оси, скрепленной с подвижным контактом. Изменение сопротивления между подвижным контактом и концами токопроводящего слоя осуществляется в подстроечных резисторах с помощью отвертки.

На электрических схемах резисторы обозначаются прямоугольниками. Внутри прямоугольников для нерегулируемых резисторов (рис. 1.4, а — ж) условными знаками указывается номинальная рассеиваемая мощность, а для регулируемых (рис. 1.4, з, и) и подстроечных (рис. 1.4 к, л) она не приводится.

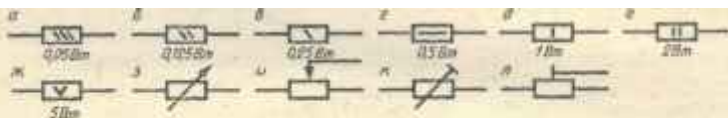


Рис. 1.4. Условные обозначения резисторов

Особую группу составляют полупроводниковые резисторы, к которым относятся терморезисторы, фоторезисторы, варисторы и тензорезисторы.

Терморезисторы — это резисторы, сопротивление которых существенно зависит от температуры. Терморезисторы с отрицательным ТКР называют термисторами, а с положительным ТКР — позисторами. Терморезисторы широко применяются для стабилизации режима полупроводниковых устройств, в качестве датчиков температуры в аппаратуре теплового контроля и т. п.

К *фоторезисторам* относятся полупроводниковые резисторы, сопротивление которых определяется их освещенностью.

Варисторы — это полупроводниковые резисторы, сопротивление которых зависит от приложенного напряжения. Они имеют нелинейную вольт-амперную характеристику (рис. 1.5).

Одним из основных параметров варистора является *коэффициент нелинейности*, определяемый как отношение сопротивления постоянного тока R к сопротивлению переменного тока r :

$$\lambda = \frac{R}{r} = \frac{U/I}{du/di}$$

Для различных типов варисторов $\lambda = 2 \dots 6$.

Варисторы применяются в маломощных стабилизаторах напряжения, автоматических регуляторах усиления, устройствах автоматической регулировки полосы пропускания и т. д.

Тензорезисторы — это полупроводниковые резисторы, в которых используется зависимость электрического сопротивления от механических деформаций. Они изготавливаются с номинальным сопротивлением от нескольких десятков ом до нескольких килоом и по характеру зависимости сопротивления от прикладываемого механического воздействия делятся на линейные и нелинейные.

Основным параметром тензорезисторов является *коэффициент тензочувствительности* K , представляющий собой отношение относительного изменения сопротивления к относительному изменению длины тензорезистора:

$$K = \frac{\Delta R/R}{\Delta l/l}$$

У тензорезисторов из полупроводника р-типа $K > 0$, а у тензорезисторов из полупроводника п-типа $K < 0$. Значения коэффициента тензочувствительности для различных тензорезисторов находятся в пределах от -150 до $+200$.

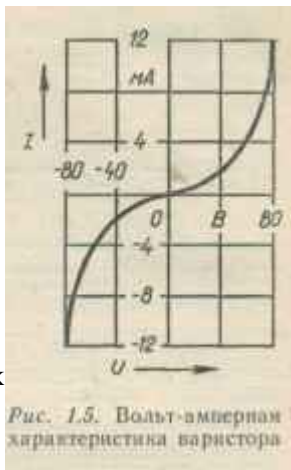


Рис. 1.5. Вольт-амперная характеристика варистора

Условные обозначения полупроводниковых резисторов показаны на рис. 1.6.

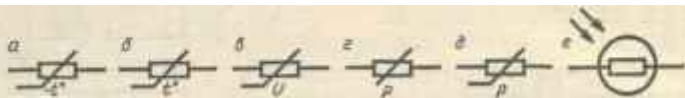


Рис. 1.6. Условные обозначения полупроводниковых резисторов: а — термистора; б — полупроводника; в — варистора; г — двуполупроводникового тензорезистора; д — однополупроводникового тензорезистора; е — фоторезистора

Конденсаторы. Пассивные элементы РЭА, предназначенные для создания в электрической цепи требуемого значения электрической емкости, называются конденсаторами. Они применяются для разделения постоянной и переменной составляющих тока и в электрических фильтрах, для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения и для уменьшения электрической связи между каскадами. С катушками индуктивности конденсаторы образуют колебательные контуры, которые широко используются в различных радиоэлектронных устройствах.

Принцип работы конденсатора основан на его способности накапливать заряд на своих обкладках, если к ним приложено напряжение.

Конструктивно конденсатор представляет собой устройство, состоящее из двух или более электропроводящих пластин (обкладок), разделенных тонким слоем диэлектрика. В качестве диэлектрика используются твердые органические (бумага, пленки) и неорганические (слюда, керамика, стекло) вещества, жидкости и газы. Особую группу образуют оксидные (электролитические) конденсаторы, в которых роль диэлектрика выполняет тонкая оксидная пленка. Большинство оксидных конденсаторов являются полярными и требуют соблюдения полярности подключения выводов. Нарушение этого условия значительно ухудшает свойства конденсаторов и может привести к выходу их из строя.

По характеру изменения емкости конденсаторы подразделяются на конденсаторы постоянной емкости, или нерегулируемые, конденсаторы переменной емкости (переменные и полупеременные, или подстроечные) и саморегулируемые.

Конденсаторы постоянной емкости характеризуются постоянными площадью перекрытия пластин (обкладок) и расстоянием между ними.

У конденсаторов переменной емкости (КПЕ) площадь перекрытия пластин (обкладок) или расстояние между пластинами не остаются постоянными, а могут изменяться. Неподвижные пластины называются статорными, подвижные — роторными. В РЭА широко применяются блоки КПЕ, состоящие из двух, трех и более КПЕ, механически связанных друг с другом. Разновидностью КПЕ являются подстроечные конденсаторы. Их емкость можно изменять лишь с помощью отвертки или другого инструмента.

В саморегулируемых конденсаторах емкость изменяется под действием приложенного к конденсатору напряжения. Диэлектриком в этих конденсаторах служит материал из специальной керамики — сегнетоэлектрик. Такие конденсаторы называют варикондами.

К саморегулируемым конденсаторам относятся и полупроводниковые диоды, называемые варикапами. В основу действия варикапа положена зависимость емкости полупроводникового диода от приложенного к нему обратного напряжения.

Условные графические обозначения конденсаторов приведены на рис. 1.7.

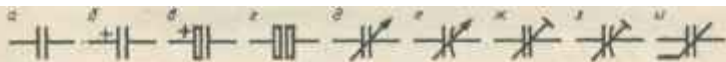


Рис. 1.7. Условные обозначения конденсаторов:

а — постоянной емкости; б — полярного; в — оксидного (электрлитического) полярного; г — оксидного неполярного; д, е — переменной емкости; ж, з — подстроечных; и — вариконд

Эксплуатационные свойства конденсаторов оцениваются следующими основными параметрами: номинальной емкостью, выражаемой в пикофарадах (пФ), нанофарадах (нФ) и микрофарадах (мкФ); допустимым отклонением емкости конденсатора от номинальной, или допуском; номинальным рабочим напряжением и температурным коэффициентом емкости ТКС:

$$TKC = \frac{\Delta C}{C \Delta T}$$

Катушки индуктивности. |Катушками индуктивности называют пассивные элементы РЭА, основным свойством которых является эффект преобразования энергии электрического тока в энергию магнитного поля

и обратно. Этот эффект используется для создания реактивного сопротивления переменному току, осуществления связи между цепями через магнитный поток и других целей.

Основными параметрами катушек индуктивности являются индуктивность, добротность и температурный коэффициент индуктивности ТКЛ.

Индуктивность катушки выражается в генри (Гн), миллигенри (мГн) или микрогенри (мкГн). Значение индуктивности зависит от конструкции катушки и возрастает при увеличении размеров и числа ее витков. Введение в катушку сердечника из магнитно-диэлектрических материалов (феррита, альсифера, карбонильного железа, магнетита) увеличивает ее индуктивность, а из диамагнитных материалов (меди, латуни, алюминия) — уменьшает. Это явление используется для регулировки индуктивности.

Добротность катушки Q равна отношению ее реактивного сопротивления к активному: $Q = \omega L/R$. Добротность катушки повышается при введении сердечника из карбонильного железа, альсифера или феррита.

Температурный коэффициент индуктивности ТКЛ определяется как относительное изменение индуктивности при изменении температуры на один градус:

$$TKL = \frac{\Delta L}{L \Delta T}$$

Он зависит от материала, из которого выполнен каркас катушки, типа намотки и конструктивных особенностей катушки.

Катушки индуктивности в отличие от конденсаторов и резисторов являются нестандартными элементами. Они рассчитываются и изготавливаются для конкретных устройств РЭА (дресселей, трансформаторов и др.).



Рис. 1.8. Условные обозначения катушек индуктивности:

а — без сердечника; б — с отводом; в — с магнитодиэлектрическим сердечником (карбонильное железо, альсифер); г — с ферромагнитным или ферритовым сердечником; д — с медным сердечником; е — с латунью и ферромагнитным магнитопроводом; ж — с индуктивностью, регулируемой путем изменения положения магнитопровода