

В соответствии с ГОСТ 2.710—81 «Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах» позиционное обозначение каждого элемента или устройства состоит из одно- или двухбуквенного кода (**Таблица 1**) и порядкового номера элемента (устройства) среди элементов (устройств) данного вида в изделии (например, VT1, VT2 и т. д.; VD1, VD2 и т. д.).

Функциональные части изображают в виде квадратов, прямоугольников или треугольников. Для большей наглядности внутри этих общих обозначений помещают различные знаки, придающие частным УГО индивидуальность и мнемоничность.

ГЕНЕРАТОРЫ

Задающий генератор — генератор колебаний небольшой мощности самовозбуждением электрических колебаний высокой стабильности частоты, используемый в радиопередатчиках. Наиболее распространены задающие генераторы с кварцевой стабилизацией частоты.

Гетеродин — маломощный генератор электрических колебаний, применяемый для преобразования частот сигнала в супергетеродинных радиоприёмниках, приёмниках прямого преобразования, волномерах и пр.

Изначально гетеродином называли радиоприёмник, в котором имелся дополнительный генератор высокой частоты, настроенный на частоту, близкую к частоте принимаемого сигнала, что повышало чувствительность радиоприёмника. В дальнейшем, после изобретения супергетеродина, гетеродином стали называть этот генератор.

Гетеродин создаёт колебания вспомогательной частоты, которые в блоке смесителя смешиваются с поступающими извне колебаниями высокой частоты.

К гетеродинам устанавливаются высокие требования по стабильности частоты и амплитуды, а также спектральной чистоте гармонических колебаний. Чем выше эти требования, тем сложнее конструктивное исполнение гетеродина: стабилизируют напряжение питания, применяют сложные схемы, исключая влияние внешних факторов на частоту генератора, компоненты со специальными свойствами, гетеродин помещают в термостат, используют системы автоматической подстройки частоты и т. д. Если гетеродин работает на фиксированной частоте, применяют стабилизацию с помощью кварцевого резонатора.

Большинство символов устройств связи построено на основе квадрата 12х12 мм (**Рис. 1.**). Рассмотрим различные генераторы электрических колебаний. Латинская буква G. Если нужно указать форму генерируемых колебаний, в квадрат помещают знаки, упрощенно воспроизводящие их

осциллограммы. На **Рис. 1** генератор синусоидальных колебаний — **G2**, пилообразных — **G3**, а прямоугольных — **G4**.

Чтобы отличить генераторы звуковой и радиочастоты от устройств, вырабатывающих ток низкой частоты, вместо одного символа синусоиды изображают соответственно два, **G5**, или три таких символа, **G6**. Можно указать под обозначением формы колебаний даже значение частоты **G7**.

Возможность перестройки генератора по частоте показывают стрелкой, **G8** (рядом со стрелкой в этом случае указана букву *f*), либо символ формы колебаний, **G9**. Генератор, стабилизированный кварцевым резонатором, выделяют на схемах символом пьезоэлектрического элемента, **G10**, генератор шума **G11** — буквами *kT* (*k* — постоянная Больцмана, *T* — абсолютная температура).

УСИЛИТЕЛИ

Позиционное обозначение УГО усилителей — буквенный код **A**. Знак усиления — небольшой равносторонний треугольник, вершина которого указывает направление передачи сигнала (**рис. 2, A1**). Такой же треугольник, но со стороной 12 мм **A2**, часто используют в качестве самостоятельного символа усилителей. Знаки, характеризующие вид усилителя или принцип его работы, разрешается указывать только в этом обозначении. Для примера **A3** — так называемый магнитный усилитель (цепочка полуокружностей символизирует его обмотки).

Стандарт предусматривает при необходимости возможность отображения числа каскадов, особенностей выходного каскада, способности передачи сигнала в обоих направлениях (такие усилители применяют, например, в переговорных устройствах), возможности регулировки усиления и т. д. Число каскадов указывают соответствующими цифрами, **A4** — трехкаскадный усилитель, **A5** — пятикаскадный. Для обозначения двухтактного усилителя используют два знака усиления, помещая их один над другим **A6**. Такими же знаками, но направленными встречно, выделяют на схемах усилители, способные передавать сигнал в обоих направлениях, причем в случае, если усилитель двухпроводный, их располагают на одной линии, **A7**, а если четырехпроводный — разносят по вертикали, **A8**.

Регулируемые усилители обозначают любым из основных символов, пересекая его знаком регулирования — стрелкой, **A9, A10**. Рядом со стрелкой можно указывать буквенное обозначение регулируемой величины. Например, усилитель с регулируемым выходным напряжением — **A11**. Если усиление регулируется электронным способом, УГО дополняют еще одним (управляющим) выводом, рядом с которым указывают вид регулирующего сигнала. Усилитель с внешним управлением постоянным током — **A12**.

ТОК И НАПРЯЖЕНИЕ

Для обозначения рода тока и напряжения используют символы, изображенные на **рис. 3а**. Их помещают над линиями электрической связи, если необходимо дать характеристику входного, выходного или управляющего сигналов.

Постоянные ток и напряжение обозначают короткой горизонтальной черточкой (**а**) или двумя параллельными, одна из которых штриховая, переменные — отрезком синусоиды (**б**). Рядом с последним знаком можно поместить параметры переменного тока — число фаз, частоту, напряжение (**в**).

Если на схеме необходимо указать различные диапазоны или полосы частот, то знаком синусоиды «~» (**б**) обозначают ток низкой частоты, а для токов средних (например, звуковых) и высоких (ультразвуковых и радиочастот) используют символы, составленные соответственно из двух (**г**) и трех (**д**) синусоид. Это рекомендации, и ГОСТ допускает применять общее УГО (**б**) для обозначения любых частот, но с указанием их конкретного значения(**е**).

Если в символе, состоящем из двух синусоид, коротким штрихом перечеркнута верхняя (**ж**), то это означает, что полоса частот ограничена сверху (ФНЧ), а если нижняя (**и**) — снизу (фильтр верхних частот ФВЧ). Одновременно зачеркнутые верхняя и нижняя синусоиды в символе высоких частот (**к**) обозначают пропускание полосы частот, ограниченной как сверху, так и снизу, а средняя (**л**) — подавление сигнала в полосе частот.

(**м**) - его используют в том случае, когда необходимо подчеркнуть, что данный прибор или аппарат пригоден для работы как на постоянном, так и на переменном токе.

ФИЛЬТРЫ

Общее условное графическое обозначение частотных фильтров - квадрат с перечеркнутым символом синусоиды (буквенный код - **Z**). **Z1** на **рис. 3б** используют в тех случаях, когда важно показать именно наличие фильтра в цепи сигнала.

Z2 и **Z3** — фильтры нижних и верхних частот, **Z4** и **Z5** — полосовой и режекторный фильтры, а вот **Z6** - подавитель радиочастотных помех, в котором знаки синусоид перечеркнуты косым крестом.

Режекторный фильтр — электронный или любой другой фильтр, не пропускающий колебания некоторой определённой полосы частот, и пропускающий колебания с частотами, выходящими за пределы этой полосы.

ОГРАНИЧИТЕЛИ

Буквенный код **ZL**. Работа этих устройств заключается в выделении его части сигнала, лежащего ниже или выше определенного уровня или заключенного между ними. Уровни ограничения указывают отрезками

горизонтальных прямых, пересекающих синусоиду — символ сигнала в соответствующих местах. УГО ограничителей больших и малых напряжений, а также двустороннего ограничителя показаны на **рис.4 (ZL1, ZL2 и ZL3)**.

Устройства, предназначенные для ограничения минимальных и максимальных значений сигнала (или и тех, и других), обозначают иначе. Знак такого ограничения — вертикальная черточка, пересекающая наклонную линию (символ сигнала) с горизонтальными полочками (уровни ограничения) в середине (ограничитель минимума) или на концах (ограничители максимумов). **ZL4** обозначает ограничитель минимальных значений амплитуды, **ZL5** — максимальных, **ZL6** — и тех, и других. Если же необходимо показать ограничитель только максимальных положительных значений сигнала, знак ограничения изображают на нижнем конце наклонной линии (**ZL7**), а если только отрицательных — на верхнем (**ZL8**). Ограничения амплитуды без искажения формы сигнала (например, за счет действия АРУ) показывают знаком синусоиды с горизонтальными черточками, не касающимися ее (**ZL9**).

Автоматическая регулировка усиления, АРУ — процесс, при котором выходной сигнал некоторого устройства, как правило электронного усилителя, автоматически поддерживается постоянным по некоторому параметру (например, амплитуде простого сигнала или мощности сложного сигнала), независимо от амплитуды (мощности) входного сигнала. АРУ применяется для исключения перегрузки выходных каскадов приёмников при больших входных сигналах.

КОРРЕКТОР

Отличительный признак корректоров — две линии с полочками на концах (**рис. 5 A1**): наклонная символизирует искажение, а вертикальная — коррекцию искажения. Корректируемые параметры указывают общепринятыми буквенными обозначениями физических величин, обозначениями единиц их измерения или специальными знаками. Например, частотный корректор выделяют буквой f (**A2**), фазовый — греческой буквой φ (**A3**), выравнитель времени задержки — обозначением Δt (**A4**), затухания — обозначением единицы его измерения dB (**A5**). Например, частотную коррекцию с подъемом АЧХ в области высших частот показывают дужкой четвертой четверти окружности (**A6**), а со спадом — первой (**A7**). Символ искажения в двух последних случаях не изображают.

В условных графических обозначениях устройств для сжатия динамического диапазона (т.е. нелинейного уменьшения разницы больших и малых амплитуд) — компрессоров (**A8**) — используют предельно упрощенный график зависимости амплитуды выходного сигнала от амплитуды входного: наклонная линия символизирует сужение динамического диапазона. В экспандерах (расширителях динамического

диапазона) решается обратная задача, поэтому (A9) имеет противоположный характер.

АТТЕНЮАТОР

Аттенюатор — устройство для плавного, ступенчатого или фиксированного понижения интенсивности электрических или электромагнитных колебаний. ГОСТ определяет аттенюатор как *элемент для снижения уровня сигналов, обеспечивающий фиксированное или регулируемое затухание*.

Аттенюатор — это электронное устройство, которое уменьшает амплитуду или мощность сигнала без существенного искажения его формы.

С точки зрения работы, аттенюатор является противоположностью усилителя, хотя эти устройства имеют различные принципы работы. В то время как усилитель обеспечивает усиление сигнала, аттенюатор обеспечивает его ослабление, или усиление менее чем в 1 раз.

Аттенюаторы с фиксированным ослаблением используются для уменьшения напряжения, рассеивания мощности и улучшения согласования с линиями.

Буквенный код — А. Отличительный признак аттенюатора — вписанное в квадрат обозначение логарифмической единицы — децибела (рис. 6, A1), фазовращателя — общепринятое обозначение угла — греческая буква φ (A4). Если необходимо указать на схеме величину вносимого устройством затухания или сдвига фаз, над линией выхода помещают соответствующую надпись (A2, A3, A5).

Обозначение линий задержки — квадрат с символом временной задержки, состоящим из отрезка горизонтальной прямой с засечками на концах и общепринятого обозначения временного интервала Δt (A6). В УГО конкретных устройств на месте этих букв можно изображать знаки, характеризующие их конструктивные особенности. Для примера показаны символы электромагнитной линии задержки с распределенными параметрами A1 и двух ультразвуковых: с пьезоэлектрическими (A8) и магнитострикционными преобразователями (A9). У линий задержки может быть несколько выходов. В частности наличие двух выходов у символа A9 говорит именно об этом.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Код — буква U. Обозначается: квадрат, разделенный диагональю на две части, со стрелкой на нижней стороне, указывающей направление преобразования (рис.7, U1). В левом треугольнике помещают знаки, характеризующие преобразуемый сигнал, в правом — преобразованный.

Устройство **U2** — преобразователь переменного тока в постоянный (выпрямитель!), **U3** — постоянного в переменный, **U4** — постоянного в постоянный ток. Преобразователь частоты **U5** (сигнал частотой f_1 преобразуется им в сигнал частотой f_2), умножитель **U6** и делитель частоты **U7**. Частоту выходного сигнала выражают через частоту входного с помощью коэффициентов n и $1/n$ соответственно (где n — целое число).

Остальные условные графические обозначения символизируют следующие устройства: **U8** — формирователь прямоугольных импульсов, **U9** — преобразователь однополярных (в данном случае — положительных) импульсов в двухполярные, **U10** — инвертор импульсов, **U11** — преобразователь переменного тока в сигналы пятизначного бинарного кода, **U12** — преобразователь сигналов пятизначного бинарного кода в сигналы семизначного (обозначение прямоугольного импульса в подобных случаях допускается не показывать).

МОДУЛЯТОР

Смеситель — электрическая цепь, создающая спектр комбинационных частот при подаче на неё двух или более сигналов разной частоты. Смесители подразделяются на два основных типа: *Аддитивные*, в которых суммируется напряжения сигнала и гетеродина и затем детектируется каким-либо нелинейным элементом. *Мультипликативные*, в которых напряжения гетеродина и сигнала перемножаются.

Смесители могут быть активными, то есть представлять собой каскад усиления, работающий в нелинейном режиме и обеспечивающий помимо преобразования частоты ещё и усиление сигнала, и пассивными. В пассивных смесителях могут использоваться диоды или полевые транзисторы, работающие в режиме управляемых резисторов. Пассивные смесители обладают большим динамическим диапазоном, так как менее подвержены перегрузкам сильными сигналами.

Простейшим смесителем может являться один нелинейный электрический элемент, например, диод. Более сложные, балансные схемы, содержат несколько диодов и симметрирующие трансформаторы.

Смеситель чаще всего имеет два входа и один выход:

Вход Гетеродина используется для подачи сигнала гетеродина (некоторой известной немодулированной частоты, относительно которой выполняется преобразование).

Вход (Выход) «ВЧ» («RF», *radio frequency*) — частота которую необходимо преобразовать;

Выход (Вход) «ПЧ» («IF», *intermediate frequency*) — используются для подачи и получения сигналов низкой и высокой частот, в зависимости от вида работы — преобразование с повышением частоты, или с понижением.

В идеальном перемножающем смесителе при подаче на его входы спектрально чистых синусоидальных сигналов постоянных амплитуд на выходе его формируется сигнал, являющийся суммой следующих синусоидальных сигналов:

С суммарной частотой входных сигналов и с разностной частотой входных сигналов

В реальном смесителе, из-за его нелинейности для операции перемножения помимо двух сигналов суммы и разности, на выходе образуются суммы и разности всех частот кратных частотам входных сигналов и гармоники входных частот. Эти паразитные спектральные составляющие в выходном сигнале реального смесителя обычно нежелательны, и должны быть отфильтрованы полосовыми фильтрами или фильтрами нижних частот.

Важным свойством смесителя является то, что преобразование выполняется с сохранением спектра сигнала, то есть его модуляции и прочих параметров с переносом спектра в иную полосу частот.

Балансные смесители

Смесители, которые выполняют функцию перемножения напрямую, обладают превосходными характеристиками, потому, что не дают побочных спектральных составляющих. Одно, достаточно общее свойство таких смесителей то, что они сначала преобразуют входное напряжение (U) в ток, а затем осуществляют перемножение токов.

Модуляторы, демодуляторы (детекторы), частотные дискриминаторы и другие подобные устройства обозначают на схемах символами, показанными на **рис. 8**. Общее обозначение — (**U1**), второе — в качестве основы для построения конкретных устройств (**U2**). Вместо букв А и В второго символа помещают знаки, характеризующие соответственно модулирующий и модулированный сигналы (для модуляторов) или модулированный и демодулированный (для демодуляторов), на месте буквы С — обозначение несущей частоты. Дополнительные знаки (например, символы звуковой и радиочастоты) указывают внутри на месте букв а, в, с.

За основу знаков вида модуляции при импульсной передаче принято упрощенное изображение прямоугольного импульса. Амплитудную модуляцию выделяют двунаправленной вертикальной стрелкой (**рис.8, а**), фазовую — такой же горизонтальной (**б**), частотную — символом синусоиды (**в**). Двунаправленную стрелку используют также для обозначения временной (**г**) и широтной (**д**) модуляции. Признаком импульсно-кодовой модуляции

служит знак в виде ячейки прямоугольной сетки (*e*), рядом с которым при необходимости указывают и сам код (*ж*) показано обозначение пятизначного бинарного кода.

Антенна — устройство, предназначенное для излучения или приёма радиоволн. Антенны в зависимости от назначения подразделяются на приёмные, передающие и приёмопередающие.

Антенна в режиме передачи преобразует энергию поступающую от радиопередатчика электромагнитного колебания в распространяющуюся в пространстве электромагнитную волну.

ДИСКРИМИНАТОР

(от лат. *discrimino* — отделяю, различаю) - устройство, преобразующее изменение контролируемого параметра электрического сигнала (на входе) в изменение полярности напряжения (на выходе). В дискриминаторе сравниваются значения параметра (амплитуды, длительности, полярности, частоты, фазы) входного сигнала с выбранным (номинальным) значением этого параметра отдельного (опорного) источника сигнала. В результате сравнения на выходе дискриминатора возникает разностное напряжение (напряжение рассогласования). Его амплитуда и полярность определяются степенью и знаком отклонения значения данного параметра входного сигнала от номинального. Д. различают по сравниваемым параметрам сигнала.

Амплитудный дискриминатор имеет определённый уровень срабатывания и пропускает только сигналы с амплитудой выше (ниже) номинального значения.

Во временном дискриминаторе, собранном по совпадений схеме, сигнал на его выходе появляется, а в дискриминаторе, собранном по антисовпадений схеме — пропадает при совпадении во времени входного и опорного импульсных сигналов.

При частотном и фазовом детектировании промодулированные по частоте и фазе колебания высокой частоты преобразуются дискриминатором в амплитудно-модулированные колебания, которые затем в большинстве случаев подаются на Детектор. В этом случае в фазовом дискриминатор применяют опорный сигнал с фиксированной начальной фазой.

Дискриминатор применяют в системах автоматического регулирования устройств автоматики и телемеханики, в частотных и фазовых детекторах радиоприёмников, в приборах ядерной физики, измерительной техники и т.д.

ДЕТЕКТОР

Детектор, демодулятор — элемент электрической цепи, в котором происходит обнаружение электромагнитных колебаний. Детектирование происходит отделением полезного (модулирующего) сигнала от несущей составляющей. Детектор радиоприёмного устройства, или демодулятор, восстанавливает информацию из радиосигнала, заложенную в него модулятором.

Важной функцией демодулятора цифрового сигнала является восстановление тактовой частоты передаваемого потока символов.

Фазовый детектор — электронное устройство, сравнивающее фазы двух входных сигналов равных или близких частот.

На вход ФД подаются два сигнала, фазы которых нужно сравнить, на выходе ФД формируется сигнал, обычно напряжения, являющейся в некотором диапазоне изменения разности фаз монотонной функцией разности фаз входных сигналов.

Демодуляция (Детектирование сигнала) — процесс, обратный модуляции колебаний, выделение информационного (модулирующего) сигнала из модулированного колебания высокой (несущей) частоты.

При передаче аналоговых сигналов колебания напряжения или тока низкой частоты используются для модуляции высокочастотных колебаний. На принимающей станции из этих сложных колебаний выделяют колебания низкой частоты, которые после усиливаются и выводятся в источник сообщения. Этот процесс выделения информации из принятых модулированных колебаний получил название демодуляции, или детектирования колебаний. При передаче цифровых сигналов в результате демодуляции получается последовательность символов, передающих исходную информацию.

Одним из самых распространенных методов демодуляции амплитудно-модулированных сигналов является синхронное детектирование. При синхронном детектировании амплитудно-модулированный сигнал умножается на опорное немодулированное колебание с частотой несущего колебания, затем получившийся сигнал пропускается через фильтр нижних частот. В результате умножения получается сигнал, состоящий из двух слагаемых, первое из которых прямо пропорционально исходному модулирующему сигналу, а второе — амплитудно-модулированному сигналу с удвоенной несущей частотой. Второе слагаемое подавляет фильтр нижних частот, таким образом остается сигнал, прямо пропорциональный исходному информационному сигналу.