

теродинных радиоприёмных устройствах. УПЧ работают на фиксированной (промежуточной) частоте, относятся к разряду полосовых, имеют $N \geq 3 \div 4$ и строятся по одной из двух структурных схем: с распределённой или с сосредоточенной избирательностью. В качестве усилит. элемента используются дискретные транзисторы в разл. схемах включения, в т. ч. каскадных, и специализированные и универсальные, усилит. и многофункциональные ИС. УПЧ 1-го типа содержат соединённые каскадно УЭ и частотно-избират. цепи, в качестве к-рых применяются LC-элементы (одиночные контуры, связанные контуры и др.) или активные RC-фильтры. Формирование необходимых АЧХ (чебышевской, максимально плоской, эллиптической) и ФЧХ достигается путём комбинирования типов, числа и взаимной расстройки этих цепей. В УПЧ 2-го типа избирательность обеспечивается фильтром сосредоточенной избирательности (ФСИ), включаемым обычно между преобразователем частоты и первым из N аperiодических каскадов У. э. к. на транзисторах или ИС. В качестве ФСИ используются многозвенные LC-фильтры и активные RC-фильтры, эл.-механич., пьезомеханич., пьезоэлектрич. фильтры на объёмных и поверхностных акустич. волнах, дискретные и цифровые фильтры.

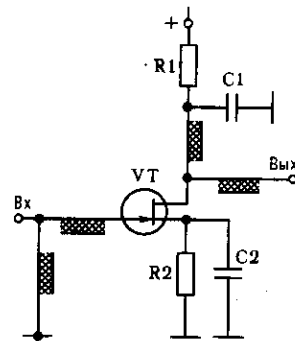
В тех случаях, когда УРЧ является первым каскадом радиоприёмного устройства, его шумовые и усилит. свойства в значит. мере определяют чувствительность всего устройства, особенно в диапазоне СВЧ, где уровень внеш. помех сравнительно мал. Для применения на входе высокочувствит. радиоприёмников спутниковых и радиорелейных систем связи, радиоастрономических и др. разработаны малошумящие У. э. к. (МШУ), построенные на разл. физ. и схематехн. принципах и отличающиеся весьма низкими значениями Ш(Т).

Наим. шумами обладают квантовые усилители, у к-рых в условиях глубокого охлаждения жидким гелием уровень тепловых шумов становится соизмеримым с шумами спонтанного излучения активного вещества: в диапазоне частот $0,5 \div 20$ ГГц $T \sim 5 \div 6$ К при охлаждении до 4,2 К. Обычно применяемые трёхуровневые мазеры строятся как регенеративные У. э. к., реже как усилители бегущей волны. Наличие громоздких и дорогостоящих криогенной охлаждающей и магн. систем ограничивает область применения квантовых усилителей уникальными приёмными устройствами радиоастрономии и сверхдальней космич. связи. С мазерами сравнимы по шумовым свойствам полупроводниковые параметрич. усилители (ППУ) при глубоком охлаждении (до 20 К и ниже), однако необходимость системы охлаждения заставляет использовать их в осн. в наземных радиосистемах, где требуются высокочувствит. радиоприёмные устройства, а габариты, масса и потребляемая мощность менее существенны. ППУ, в к-рых в качестве изменяемого энергоёмкого параметра служит нелинейная ёмкость полупроводникового диода — варикапа, работают в диапазоне частот $0,3 \div 35$ ГГц, имеют относит. полосы пропускания от долей до неск. %, $K_{P0} = 17 \div 30$ дБ на каскад, широкий динамич. диапазон. В качестве источников накачки применяются генераторы на транзисторах СВЧ без умножения и с умножением частоты, на Ганна диодах и на лавинно-пролётных диодах. Неохлаждаемые ППУ превосходят по шумовым параметрам неохлаждаемые У. э. к. на транзисторах СВЧ, но значительно уступают последним по сложности, технологическим и массогабаритным показателям, в связи с чем вытесняются ими, прежде всего из бортовой аппаратуры.

Широкополосные транзисторные МШУ строятся обычно по схеме несимметричного (рис. 5) или балансного аperiодического У. э. к. с согласующими СВЧ-цепями на входе и выходе каждого каскада и реализуются в виде гибридных или полупроводниковых ИС. По шумовым параметрам охлаждаемые МШУ на арсенид-галлиевых полупроводниках с барьером Шоттки практически не уступают охлаждаемым ППУ.

К классу МШУ относятся также У. э. к. на туннельных диодах (Есаки диодах). По шумовым свойствам такие регенеративные усилители СВЧ сравнимы с транзисторными,

Рис. 5. Схема несимметричного полоскового усилителя электрических колебаний СВЧ на полупроводниковом транзисторе, включённом с общим истоком.



но уступают последним в устойчивости к перегрузкам и по ряду др. параметров, вследствие чего их применение ограничено.

Мощные У. э. к., называемые в радиопередающей технике генераторами с внеш. возбуждением, на умеренно высоких частотах выполняются на транзисторах, электронных лампах, а на СВЧ — на транзисторах, лавинно-пролётных диодах и диодах Ганна, лампах спец. конструкции и на эл.-вакуумных приборах СВЧ, в к-рых происходит взаимодействие эл.-магн. колебаний резонансных и замедляющих систем с динамически управляемыми потоками электронов [лампы бегущей волны (ЛБВ) или лампы обратной волны (ЛОВ) и пролётные кистроны]. Схематехн. особенности мощных У. э. к. умеренно высоких частот связаны с созданием режимов работы УЭ, обеспечивающих выделение в полезной нагрузке заданной мощности при возможно более высоком КПД и допустимом уровне нелинейных искажений. Используются сложные цепи связи усилит. элемента с нагрузкой, обеспечивающие оптим. трансформацию сопротивления нагрузки и фильтрацию высш. гармоник, образующихся вследствие существ. нелинейности режима работы.

В У. э. к. метрового, дециметрового и в ДВ-части сантиметрового диапазона применяются металлокерамич. триоды и тетроды с резонансными системами преим. коаксиального, тороидального или радиального типа, лампы включаются обычно по схеме с общей сеткой. В транзисторных У. э. к. СВЧ несимметричного или балансного типа широко используется сложение мощностей на выходе с помощью разл. сумматоров, к-рые, как и согласующие цепи, выполняются обычно (микро)полосковыми (см. Полосковые линии).

У. э. к. СВЧ ср. мощности на лавинно-пролётных диодах и диодах Ганна бывают двух типов: регенеративные в режиме устойчивого усиления и на основе синхронизированных автогенераторов. Первые более широкополосны, но обладают существенно меньшим усилением на каскад, чем вторые. В то время как в дециметровом и сантиметровом диапазонах широко применяют транзисторные У. э. к., в миллиметровом зачастую предпочтительнее диодные устройства.

В качестве У. э. к. в мощных радиопередающих устройствах СВЧ используются ЛБВ и ЛОВ и пролётные кистроны. ЛБВО (прибор О-типа с механизмом скоростной модуляции) служат для широкополосного усиления сигналов ср. и большой мощности, в непрерывном режиме обеспечивают $P_{\text{вых}}$ от 100 кВт в дециметровом до 1 кВт в миллиметровом диапазонах, в импульсном режиме — до 5 МВт в сантиметровом и до 5 кВт в миллиметровом; КПД $20 \div 30\%$, ширина полосы пропускания 50% и более; $K_p = 30 \div 60$ дБ. ЛБВО могут применяться также и в радиоприёмных устройствах в качестве МШУ с $\text{Ш} = 5 \div 13$ дБ, однако в этой области они значительно уступают твердотельным У. э. к. по массогабаритным и др. показателям.

ЛБВМ (прибор М-типа с механизмом фазовой фокусировки) с инжектируемым лучом (биматроны) обеспечивают несколько меньшее усиление, но отличаются широкополосностью и высокой линейностью и стабильностью ФЧХ, что при уровнях выходной мощности в единицы — десятки кВт в непрерывном и в сотни кВт в импульсном режиме позволяет эффективно использовать их в передающих устройствах доплеровских радиолокац. систем и в системах с фазированными антенными решётками (см. Радиолокация). ЛОВМ с инжектируемым лучом (битермит-