

обойтись одним каскадом УРЧ, однако они относительно узкополосны и требуют повыш. внимания к вопросам обеспечения устойчивости по отношению к дестабилизирующим факторам. В суперрегенераторе вносимое в колебательную систему отрицат. сопротивление таково, что в течение части периода в ней самовозбуждаются автоколебания. Р. у. с суперрегенераторами в качестве УРЧ свойственны значит. искажения сигнала и опасность паразитного излучения через приёмную антенну, вследствие чего их применение ограничено портативными устройствами СВЧ, отвечающими сравнительно невысоким требованиям.

Осн. тип построения УТ разл. классов Р. у. — супергетеродин (рис. 2, а) с одно- или многократным преобразованием частоты. Входная цепь, МШУ и УРЧ образуют т. н. преселектор, обеспечивающий чувствительность и предварит. частотную избирательность Р. у. В результате одноврем. воздействия усиленного сигнала и колебаний гетеродина на смеситель, содержащий нелинейный элемент или элемент с переменным параметром, на выходе образуются колебания с гармониками и комбинационными составляющими с частотами $f = |nf_{\Gamma} \pm mf_{\text{с}}|$; $n, m = 0, 1, 2, \dots$. Одна из этих составляющих выделяется фильтром и используется в качестве новой несущей выходного сигнала с частотой, называемой промежуточной $f_{\text{пр}}$. Обычно $f_{\text{пр}} = |f_{\Gamma} - f_{\text{с}}|$, $f_{\Gamma} \geq f_{\text{с}}$ (разностное преобразование); при этом f_{Γ} выбирается так, чтобы $f_{\text{пр}}$ была ниже границы диапазона рабочих частот Р. у. Реже используются преобразования при $n = 2, 3, \dots$ и суммарное преобразование с $f_{\text{пр}} = f_{\Gamma} + f_{\text{с}}$. В процессе преобразования происходит перенос спектра сигнала в область $f_{\text{пр}}$ без нарушения амплитудных и фазовых соотношений его составляющих, т. е. ПЧ линейен по сигналу. За ПЧ следует усилитель промежуточной частоты (УПЧ), частотно-избирательные цепи к-рого обеспечивают осн. избирательность супергетеродина по соседнему каналу. Для обеспечения $f_{\text{пр}} = \text{const}$ при перестройке Р. у. в рабочем диапазоне частот реализуется сопряжённая настройка входной цепи, избирательных цепей УРЧ (МШУ) и гетеродина. Перенос сигнала на более низкую фиксированную частоту позволяет сравнительно просто реализовать в УПЧ достаточно устойчивое усиление, обеспечить высокую частотную избирательность, а также оптимальную фильтрацию сигнала от помех с помощью согласованных фильтров, однако вызывает и такие нежелат. эффекты, как образование побочных каналов приёма (зеркального, интермодуляционного, комбинационного, прямого), влияние нестабильности частоты гетеродина на настройку, возможность излучения колебаний гетеродина через приёмную антенну. Такая возможность наиб. реальна при отсутствии УРЧ (МШУ), когда первым каскадом УТ является ПЧ, как это зачастую имеет место в Р. у. миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов. Весьма высокие требования к избирательности по соседнему и зеркальному каналам выполняются в супергетеродинах с последовательным многократным преобразованием частоты.

Чувствительность Р. у., особенно в СВЧ-диапазоне, решающим образом зависит от коэф. шума и усиления по мощности первых каскадов УТ. На рис. 3 приведены обобщённые шумовые характеристики МШУ и диодных смесителей. Наименьшим уровнем шумов обладают охлаждаемые квантовые парамагн. усилители, однако вследствие высокой сложности и стоимости, плохих массогабаритных показателей их использование ограничено практически радиоастрономическими Р. у. Весьма низким уровнем шумов обладают также охлаждаемые параметрич. усилители и усилители на полевых транзисторах с барьером Шоттки (УПТШ), причём массогабаритные показатели допускают их применение даже в бортовых Р. у. Оба типа устройств применяются преим. в наземных Р. у. систем космич. связи, причём вследствие большей простоты и технологичности полевых транзисторов они постепенно вытесняют параметрич. усилители.

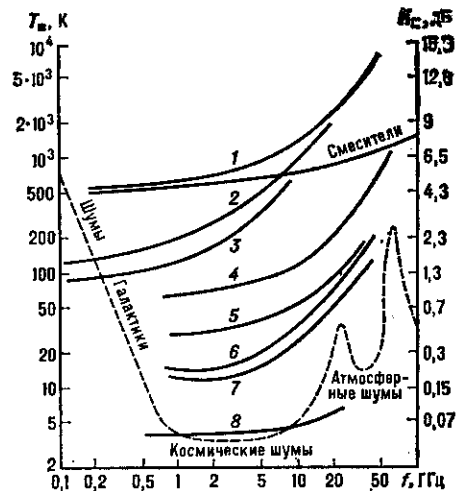


Рис. 3. Зависимость шумовых параметров МШУ и диодных смесителей от частоты [4]: 1 — лампа бегущей волны; 2 — усилитель на туннельном диоде; 3 — усилитель на биполярном транзисторе; 4 — УПТШ; 5 — полупроводниковый ПУ; 6 — УПТШ, охлаждаемый до 20 К; 7 — полупроводниковый ПУ, охлаждаемый до 20 К; 8 — квантовый парамагнитный усилитель, охлаждаемый до 4 К.

рич. усилители. Неохлаждаемые параметрич. усилители и УПТШ широко используются в бортовых Р. у. космич. систем, а УПТШ также и в Р. у. наземных радиорелейных линий разл. типов, в радиолокац. и др. системах на частотах выше 4—6 ГГц. На более низких частотах МШУ и УРЧ реализуются преим. на транзисторах биполярных. Лампы бегущей волны вытесняются полупроводниковыми приборами во всех частотных диапазонах, включая СВЧ. На миллиметровых и субмиллиметровых волнах первым каскадом Р. у. служит чаще всего ПЧ с балансным смесителем на диодах с барьером Шоттки, причём широко используется схема с возвращением энергии комбинац. частот.

В качестве источников гетеродинных колебаний применяются обычно маломощные генераторы на разл. активных элементах (транзисторах, ИС, диодах Ганна, клистродах и др.) с относит. частотной нестабильностью 10^{-3} — 10^{-9} , достигаемой использованием разнообразных типов резонаторов: резонансных контуров с сосредоточенными и распределёнными параметрами, кварцевых, диэлектрич., на поверхностных акустич. волнах и т. п. Используется термостатирование генераторов и перенос высокостабильных колебаний в СВЧ-диапазон с помощью транзисторно-варакторных цепочек. Широко применяются декадные синтезаторы частот с дискретным частотным интервалом, построенные на основе систем фазовой автоподстройки частоты с переменным делителем частоты, а также по методу суммирования импульсных последовательностей.

В интегральной технике решается широкий круг задач обработки сигнала, подразделяемых на группы, для каждой из к-рых может быть синтезирована типовая оптимальная структура тракта. Структурный синтез оптимального Р. у. разработан в осн. для случая воздействия аддитивных широкополосных шумовых помех гауссового или марковского типа, что характерно, в частности, для диапазонов метровых, дециметровых и сантиметровых волн в отсутствие искусств. помех. Первая группа задач — оценка (фильтрация) непрерывного сообщения, существенно изменяющегося на интервале наблюдения. При приёме модулированных колебаний процесс фильтрации сообщения эквивалентен процессу демодуляции. Этот круг задач решается с использованием оптимальных линейных фильтров, сложных частотных и фазовых демодуляторов. Вторая