

НАСТРОЙКА ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ТРАКТА ТРАНЗИСТОРНОГО СУПЕРГЕТЕРОДИНА С ПОМОЩЬЮ ГСС

Настройка высокочастотного тракта супергетеродинного радиоприемника производится после того, как будет налажена его низкочастотная часть, проверен монтаж высокочастотных цепей и режимы работы всех транзисторов приведены в соответствие с рекомендуемыми. Принято измерять все высокочастотные параметры транзисторных приемников, имеющих выходную мощность P_n до 150 мВт, производя при выходной мощности $P_{q1}=5$ мВт, а приемников, имеющих номинальную выходную мощность P_n более 150 мВт, — при выходной мощности $P_{q2}=50$ мВт. Мощностям P_n и P_q соответствуют определенные напряжения U_n и U_q на выходе приемника, которые определяются по формулам:

$$U_n = \sqrt{P_n \cdot R_r}; \quad U_{q1} = \sqrt{0,005 \cdot R_r}; \quad U_{q2} = \sqrt{0,05 \cdot R_r},$$

где P_n — номинальная выходная мощность усилителя низкой частоты (УНЧ) приемника в ваттах; R_r — сопротивление звуковой катушки динамической головки в омах; U_n , U_{q1} , U_{q2} — напряжения в вольтах, соответствующие номинальной мощности приемника и мощностям 5 и 50 мВт.

Для хорошей настройки приемника необходимы генератор стандартных сигналов (ГСС), ламповый или транзисторный вольтметр со шкалой 1—3 В и осциллограф. Последний нужен в основном при налаживании УНЧ. Схема подключения указанных приборов приведена на рис. 1. Приборы необходимо присоединять возможно более короткими проводами, шасси всех приборов должны быть надежно соединены между собой общим проводом приемника. Кабель от ГСС рекомендуется «заземлять», т. е. соединять с общим проводом приемника в точке, наиболее близко расположенной ко входу каскада (транзистора), на который подается сигнал от ГСС.

Настройка высокочастотной части приемника подразделяется на следующие основные операции: проверка работы детектора, настройка усилителя промежуточной частоты (УПЧ), настройка преобразователя частоты, настройка гетеродина, сопряжение входных и гетеродинных контуров. Рассмотрим порядок настройки на упрощенной типовой структурной схеме двухдиапазонного карманного приемника (рис. 2) с выходной мощностью 70 мВт (на нагрузке 10 Ом). Для этой схемы

$$U_n = \sqrt{P_n \cdot R_r} = \sqrt{0,07 \cdot 10} = 0,84 \text{ В} \quad \text{и} \quad U_{q1} = \sqrt{0,005 \cdot 10} = 0,225 \text{ В}.$$

Условием, что при настройке отдельных каскадов от ГСС подается высокочастотный сигнал с частотой модуляции 400 или 1000 Гц и глубиной модуляции 30%.

Проверка работы детектора. При исправной работе УНЧ детектор $D1$ практически не требует какой-либо регулировки. Для проверки детекторной цепи необходимо регулятор громкости R поставить в положение максимальной громкости и на вход детектора (точка 1) подать от ГСС через конденсатор 0,05 — 0,1 мкФ сигнал с промежуточной частотой 465 кГц такой величины, при которой вольтметр $ВП1$ покажет напряжение $U_{q1}=225$ мВ. Для большинства приемников карманного типа такое напряжение на нагрузке обеспечивается при подаче от ГСС сигнала величиной не более 250 мВ. Если детекторная цепь и УНЧ работают нормально, то увеличение сигнала от ГСС до уровня, соответствующего выходному напряжению $U_n=0,84$ В, не должно приводить к заметному увеличению искажений, о которых можно судить по изображению на экране трубки осциллографа. При значительных искажениях надо заменить диод $D1$ и проверить исправность УНЧ.

Настройка усилителя промежуточной частоты (УПЧ) имеет первостепенное значение, так как от качества работы УНЧ зависит чувствительность приемника и его избирательность по соседнему каналу, а также качество воспроизведения звука. Независимо от количества каскадов УПЧ настройку следует начинать с последнего каскада. Колебания гетеродина надо сорвать, для чего достаточно эмиттер транзистора $T1$ соединить с общим проводом через конденсатор емкостью 0,1 мкФ. Если в приемнике имеется система АРУ, она должна быть отключена.

Для настройки второго каскада УПЧ на базу транзистора $T3$ (в точку 2) через конденсатор емкостью 0,05—0,1 мкФ подать сигнал частотой 465 кГц и величиной 1—3 мВ. Вращением сердечника катушки $L12$ контур $L12C21$ настраивают в резонанс с частотой ГСС по максимальному напряжению на выходе приемника. Уменьшая напряжение от ГСС и уточняя настройку контура, определяют величину сигнала от ГСС, при котором выходное напряжение, отсчитанное по вольтметру $ВП1$, равно 225 мВ. Обычно этому напряжению соответствует чувствительность на базе транзистора $T3$ не хуже 1000 мкВ.

Может оказаться, что собственная частота контура $L12C21$ значительно отличается от промежуточной — 465 кГц. Тогда напряжение на выходе и звук с частотой модуляции в громкоговорителе будут отсутствовать даже при значительном сигнале от ГСС и полностью введенном или выведенном сердечнике катушки $L12$. В этом случае, медленно изменяя частоту ГСС около значения 465 кГц, добиваются наибольшего напряжения на выходе ($ВП1$) и по шкале ГСС определяют частоту настройки контура $L12$, $C21$. Если она выше промежуточной — число витков катушки $L12$ или емкость конденсатора $C21$ надо увеличить, если ниже — уменьшить и настройку повторить вновь. Подобные операции могут потребоваться и при настройке других каскадов.

Первый каскад усиления по промежуточной частоте собран на транзисторе $T2$ с апериодической нагрузкой и поэтому в настройке не нуждается. Необходимо лишь

убедиться, что он обеспечивает нормальное усиление. С этой целью от ГСС через конденсатор 0,05—0,1 мкФ на базу транзистора $T2$ (точка 3) подать сигнал частотой 465 кГц, более точно подстраивают контур $L12C21$ и при выходном напряжении 225 мВ определяют уровень сигнала, подаваемого от ГСС. Если напряжение не превышает 30—60 мВ, каскад исправен. При недостаточном усилении каскада следует использовать транзистор с большим значением $B_{ст}$.

Настройка преобразователя частоты сводится к настройке фильтра сосредоточенной селекции (ФСС), состоящего из контуров $L9C15$; $L10C16$; $L11C17$ и конденсаторов связи $C18$, $C19$. Для этого переключатель диапазонов ставит в положение длинных или средних волн, блок конденсаторов соответственно устанавливает в положение минимальной или максимальной емкости и в точку 4 через конденсатор 0,1—0,2 мкФ от ГСС подать сигнал частотой 465 кГц. Затем, поочередным вращением сердечников катушек $L11$ — $L9$, добиваются наибольшего напряжения на выходе приемника. Учитывая, что контуры взаимно влияют друг на друга, их подстройку производят многократно, добиваясь, чтобы поворот любого из сердечников катушек $L11$ — $L9$ в ту или иную сторону приводил к уменьшению напряжения на выходе приемника, которое с помощью аттенуаторов ГСС в процессе настройки ФСС поддерживают на уровне, не превышающем 0,3—0,5 В.

При нормальной работе такта промежуточной частоты чувствительность по ПЧ на базе транзистора $T1$ не должна быть более 5—8 мкВ (при напряжении на выходе 225 мВ). После настройки тракта ПЧ проверяют ширину полосы пропускания, которая в основном определяется параметрами ФСС. С этой целью на базу транзистора преобразователя $T1$ подать сигнал от ГСС частотой 465 кГц, уровень которого в 5—10 раз превышает чувствительность по ПЧ, например 50 мкВ, и регулятором громкости R устанавливать выходное напряжение $U_{q1}=225$ мВ. Затем уровень сигнала от ГСС увеличивают в два раза, до 100 мкВ, и ручкой изменения частоты настройки ГСС на выходе опять добиваются напряжения 225 мВ. При этом частоту ГСС изменяют в обе стороны относительно частоты 465 кГц. Разность между этими частотами и будет равна ширине полосы пропускания тракта ПЧ, которая должна быть в пределах 6—9 кГц. Если ширина полосы пропускания окажется больше указанной, то надо проверить соответствие номиналов конденсаторов $C18$, $C19$, требуемых по схеме (обычно 5—10 пФ) и правильность раскладки концов катушки $L11$. Если окажется, что все величины соответствуют норме, следует определить, какой контур, входящий в состав ФСС, имеет малую добротность. Практически это легко сделать в процессе настройки ФСС. При вращении сердечника катушки такого контура, напряжение на выходе приемника меняется незначительно. Этот контур следует заменить, и настройку ФСС повторить заново.

Описанный метод настройки ФСС не позволяет полностью реализовать все возможности ФСС. Однако он обеспечивает вполне приемлемые для практики результаты и нашел широкое применение в радиолобительской практике и ремонтных мастерских.

Настройка гетеродина. К настройке гетеродина преобразователя, работающего по совмещенной схеме, переходят после того, как будет установлено, что в преобразователе не возникает паразитная генерация на частотах, близких к промежуточной частоте, а гетеродин обеспечивает получение устойчивых колебаний при любом положении блока конденсаторов $C3$, $C6$ на ДВ и СВ диапазонах. Проверить наличие колебаний гетеродина можно различными способами, в том числе с помощью лампового или транзисторного милливольтметра переменного тока, который подключают к эмиттеру транзистора $T1$. Медленно вращая ручку настройки приемника, наблюдают за изменением напряжения на эмиттере, которое должно лежать в пределах 80—150 мВ. Отсутствие колебаний гетеродина может быть вызвано многими причинами: неисправностью конденсатора $C14$, замыканием пластин в секции $C6$ блока переменных конденсаторов, ошибкой в раскладке гетеродинных катушек и другими.

После того как будут устранены неисправности в работе гетеродина, переходят к укладке его частот. Если катушки контуров гетеродина различных диапазонов соединены последовательно, т. е. катушка предыдущего диапазона составляет часть индуктивности контура следующего, укладку частот гетеродинного контура следует начинать с более высокочастотного диапазона. В случае если в схеме на каждом диапазоне применены отдельные катушки гетеродина, укладку частот гетеродина можно начинать с любого диапазона. В нашем случае в гетеродине применены отдельные катушки.

Рассмотрим последовательность укладки частоты гетеродина в диапазоне ДВ (408—150 кГц). Установив переключатель $B1$ в положение ДВ, а блок конденсаторов $C3C6$ — в положение, соответствующее максимальной емкости, ГСС с помощью витка связи, присоединенного к делительной головке, связывают с ферритовой антенной $МА$ приемника. От ГСС подать сигнал частотой 148 кГц (с некоторым запасом в сторону расширения диапазона на 1—2%). Затем вращением сердечника катушки индуктивности $L5$ устанавливают частоту гетеродина 613 кГц ($f_{г1} - f_{с1} + f_{п} = 148 + 465 = 613$ кГц) по максимальному напряжению на выходе приемника (регулятор громкости, как и при всех процессах настройки, должен находиться в верхнем по схеме положении). Уровень сигнала от ГСС должен быть таким, чтобы напряжение на выходе приемника не превышало 0,8—1 В.

Далее блок конденсаторов переменной емкости $C3C6$ устанавливают в положение минимальной емкости, ГСС настраивают на частоту 415 кГц (с учетом запаса в сторону расширения диапазона на 1–2%) и изменением емкости подстроечного конденсатора $C9$, а иногда и постоянного конденсатора $C8$ снова добиваются максимального напряжения на выходе приемника, что соответствует частоте гетеродина $f_{г2} = f_{сг} + f_{п} = 415 + 465 = 880$ кГц.

После укладки частоты на верхней границе поддиапазона ДВ несколько уходит настройка гетеродинного контура на нижней граничной частоте, поэтому блок $C3C6$ опять ставят в положение максимальной емкости, ГСС настраивают на частоту 148 кГц и вновь сердечником катушки $L5$ уточняют настройку гетеродина по максимуму напряжения на выходе приемника. Это, в свою очередь, приводит к расстройке контура гетеродина на высокочастотном конце диапазона. Для корректировки ее блок $C3C6$ вновь устанавливают в положение минимальной емкости, ГСС настраивают на частоту 415 кГц и конденсатором $C9$ уточняют настройку гетеродинного контура. Повторяя эти операции 3–4 раза, можно уложить крайние частоты гетеродина в диапазон ДВ в заданные границы (613–880 кГц).

Укладку частот гетеродина в диапазоне средних волн (СВ) производят аналогичным образом. Разница лишь в том, что на вход приемника от ГСС подают частоты 520 и 1620 кГц (с учетом запаса по частоте в сторону расширения границ диапазона), а настройку редут сердечником катушки $L6$ и конденсаторами $C12$, $C11$.

Сопрежение входных и гетеродинных контуров. Чтобы супергетеродинный приемник имел максимальную чувствительность и избирательность, необходимо, чтобы при любом положении пластин блока конденсаторов $C3C6$ разность между частотами настроек входного и гетеродинного контуров равнялась промежуточной частоте. При использовании типовых блоков конденсаторов получить такое идеальное сопряжение невозможно, так как требуемые коэффициенты перекрытия по частоте у входного и гетеродинного контуров различны. Для получения приемлемого для практики сопряжения прибегают к искусственной подгонке закона изменения емкости контура гетеродина по диапазону путем включения в контур сопрягающих конденсаторов $C10$ – $C12$ (на СВ) и $C7$ – $C9$ (на ДВ). При этом, используя во входных контурах конденсаторы $C4$, $C5$ (на ДС) и $C1$, $C2$ (на ДВ), точное сопряжение можно получить только в трех точках сопрягаемого диапазона. Во всех остальных точках будет наблюдаться расхождение настроек, которые должны находиться в пределах полосы пропускания входного контура.

Наименьшее расхождение настроек, а следовательно, уменьшение чувствительности приемника возможно лишь при вполне определенных значениях сопрягающих конденсаторов, индуктивности контуров и распределении точек точного сопряжения внутри диапазона. Для стандартных диапазонов ДВ (408–150 кГц), СВ (1605–525 кГц) и КВ (12,1–3,95 МГц) рекомендуются следующие значения частот точного сопряжения:

Диапазон	Значения частот точного сопряжения, кГц		
	f_1	$f_{ср}$	f_2
ДВ	395	280	165
СВ	1510	1080	650
КВ	11 500	8000	4500

Обычно сопряжение на каждом из диапазонов производят в двух точках, соответствующих частотам f_1 и f_2 , а сопряжение на частоте $f_{ср}$ получается автоматически (при правильно подобранных элементах входных и гетеродинных контуров). Точка $f_{ср}$, таким образом, служит для контроля правильности выбора элементов, о которых говорилось выше.

В качестве примера рассмотрим процесс сопряжения контуров в диапазоне СВ. От ГСС на виток связи с магнитной антенной подают сигнал частотой $f_2 = 650$ кГц и, вращая ручку настройки приемника, настраиваются на эту частоту. Затем, передвигая с помощью изоляционной палочки катушку $L3$ вдоль ферритового сердечника, добиваются наибольшего напряжения на выходе приемника. После этого от ГСС подают сигнал частотой $f_1 = 1510$ кГц и приемник настраивают на эту частоту (блоком $C3C6$). Вращением подстроечного конденсатора $C4$ (или подбором конденсатора $C5$ при среднем положении $C4$) добиваются наибольшего напряжения на выходе приемника. В дальнейшем повторяют тот же процесс, что и при укладке частот гетеродинных контуров: ГСС и приемник снова настраивают на частоту f_2 и производят подстройку входного контура индуктивностью $L3$ (перемещением ее вдоль сердечника MA), а затем ГСС и приемник перестраивают на частоту f_1 и производят подстройку входного контура конденсатором $C4$ по максимуму выходного напряжения. Такую подстройку на краях диапазона производят 3–4 раза, пока изменения положений конденсатора $C4$ (на частоте f_1) или катушки $L3$ (на частоте f_2) в ту или иную сторону не будут приводить к увеличению выходного напряжения.

Чтобы определить правильность настройки входных цепей, удобно использовать индикаторы настройки, представляющие собой отрезок ферритового стержня и короткозамкнутое кольцо медной проволоки диаметром 1–1,5 мм. Диаметр кольца должен быть близок к диаметру стержня ферритовой антенны. Поднесение ферритового стержня к катушке входного контура понижает частоту его настройки, а кольцо, надетое на сердечник MA , — повышает. Поэтому, например, если при поднесении ферритового стержня к настраиваемому контуру, напряжение на выходе приемника увеличивается, необходимо понизить частоту его настройки увеличением индуктивности $L3$ на частоте f_2 или емкости конденсатора $C4$ на частоте f_1 . Увеличение выходного напряжения при поднесении медного кольца требует повышения частоты настройки входного контура, т. е. уменьшения индуктивности катушки $L3$ на частоте f_2 или емкости конденсатора $C4$ на частоте f_1 .

Часто оказывается, что начало и конец диапазона настроены достаточно хорошо, а в середине диапазона (на частоте $f_{ср} = 1080$ кГц) чувствительность резко падает. Это объясняется неточно подобранной емкостью последовательного сопрягающего конденсатора $C10$. Если на частоте $f_{ср}$ сигнал на выходе приемника увеличивается при поднесении к катушке $L3$ ферритового стержня, емкость конденсатора $C10$ необходимо увеличить. Если сигнал на выходе приемника увеличивается от приближения короткозамкнутого кольца, емкость конденсатора надо уменьшить. В обоих случаях укладку частот гетеродина и сопряжение надо произвести заново.

После настройки приемника восстанавливается цепь АРУ и по общепринятой методике определяются основные его параметры.

Указанные усредненные значения переменных напряжений на базах транзисторов $T1$ – $T3$, как уже указывалось, соответствуют выходной мощности 5 мВт, а на базе $T4$ — номинальной выходной мощности приемника. Сравнивая эти данные с фактически полученными в процессе настройки конкретного приемника, можно судить об усилительных свойствах его отдельных каскадов.

В тех случаях когда радиолюбитель не имеет возможности воспользоваться ГСС, настройку приемника можно произвести и с помощью сигнал-генератора (СГ). Однако учитывая, что СГ не позволяет получать сигналы, калиброванные по амплитуде и глубине модуляции, судить о чувствительности отдельных каскадов будет трудно. Что же касается методики настройки отдельных каскадов, то она останется без изменения.

