

“Не пущать!”

Введение ферритового сердечника внутрь катушки повышает её индуктивность, добротность, уменьшает поле рассеяния, но снижает такой параметр приёмного устройства как динамический диапазон. Сильный сигнал, по приходу из антенны во входной колебательный контур, превращает его катушку с сердечником в своеобразный электромагнит, сердечник которого перемагничивается РЧ током с частотой сигнала и воздействует на АЧХ контура, перестраивая её по закону, определяемому сильным сигналом, т. е., происходит модуляция, принимаемых из эфира внутриполосных для фильтра основной селекции приёмника шумов, полезных сигналов, помех. Если этот сильный сигнал желательный - внутриполосный, то никаких проблем, вроде, нет, присутствует лишь мягкое его ограничение в каскадах приёмника, АРУ уменьшает усиление каскадов, отчего падает уровень сопутствующего сигналам из эфира шума, что также повышает комфортность приёма. Если же сильный сигнал – внеполосный, то “дышащий” в такт с ним эфир, способен частично или полностью сорвать проведение связей с более слабыми корреспондентами (ситуация подобна той, при которой туман, дымка, мгла закрывают горизонт, мешая рассмотреть детали). Существуют несколько способов борьбы с этим явлением: одни используют пространственную селекцию с помощью разных антенн, вычитая мешающий сигнал, принятый дополнительным приёмником, из рабочего канала, другие – пытаются применять различного рода узкополосные фильтры (кварцевые) в ПЧ и по входу приёмника, применяют систему High Cut/Low Cut, стремясь подавить полосы выше или ниже принимаемого сигнала...хорошо, если бы такая система стояла по входу приёмника...

До известной меры можно бороться с внеполосными помехами и при применении ферритовых сердечников на входе РПУ (чтобы “не пущать” нежелательные внеполосные сигналы даже на вход, нужно многократно увеличить добротность контуров по входу приёмника, оставив помехи за полосой их пропускания), тем более, что они (с ферритовыми сердечниками, резонансно работающими в полосе частот принимаемых сигналов) способствуют и сужению полосы принимаемых частот, а, значит, ослабляют внеполосные помехи. Различного рода многозвенные ПФ, ФСС, аттенюаторы, позволяют почистить эфир, сделать его приемлемым для повседневной работы. Следует отметить, что борьба с помехами – явление серьёзное и в ход пускаются все доступные средства – не нужно сетовать на то, что появляется дополнительный узел регулировки или несколько, любая альтернатива здесь будет предполагать ухудшение подавления помех из-за неточной настройки входного устройства на полезный сигнал, недостаточного сужения полосы пропускания совокупности его элементов. В качестве примера здесь приводится описание входного устройства (ВУ) к балансному смесителю.

На Рис. 1 показана принципиальная схема ВУ на трансфлюкторе (ферритовом сердечнике с двумя отверстиями – “бинокле“) - [1...6]. Сигнал из антенны поступает на катушку связи L1, обычно эта катушка делается неподстраиваемой, т. е., её “холодный“ вывод соединяется с общим проводом (заземляется), что, на первый взгляд, служит лишь аperiodической первичной обмоткой РЧ трансформатора (имеющей, кстати, свою резонансную частоту, которая, в союзе с ёмкостью антенны и собственной межвитковой, может совпасть с частотой помехи, выделив её), вторичная обмотка этого РЧ

трансформатора, в союзе с параллельно включенным конденсатором – представляет собой резонансный контур, настроенный на частоту сигнала. Поскольку задача, поставленная нам (максимально отстроиться от внеполосных помех) подразумевает максимально возможное сужение полосы пропускания сразу на входе приёмника (“не пущать!”), первый контур L1C1 будет уже резонансным последовательным, настроенным на частоту полезного сигнала, например, - 14,060 МГц (QRP-участок). В последовательном контуре минимальное сопротивление и максимальный ток обеспечиваются на резонансной частоте, следовательно максимальный магнитный поток в сердечнике будет обеспечен лишь для тока сигнала резонансной для L1C1 частоты, а для токов сигналов внеполосных частот наступит подавление, тем более, что и добротность катушки на ферритовом сердечнике будет высокой (ферритовый сердечник и минимальная ёмкость в последовательном контуре), катушка намотана на кольцевом сердечнике, что уменьшает прямые наводки на контур извне. Кроме того, конденсатор C1 является одновременно ещё и переменным средством для оптимального согласования антенны со входом приёмника, что также благоприятно сказывается на условиях приёма. Контур L2C2 – обычный параллельный резонансный контур, сигнал с которого поступает на затвор полевого транзистора (ПТ) усилителя РЧ, выполненного на VT1, из-за высокого входного сопротивления ПТ контур включен полностью для уменьшения уровня шумов и непосредственно. Контур L3C3 и L4C4 служат для дальнейшего подавления внеполосных сигналов, выделения нужных по диапазону, немного расстраиваются относительно центральной частоты диапазона, если это требуется, с целью выравнивания чувствительности приёмника по диапазону. Подобные контуры могут отсутствовать, при работе вблизи от одной частоты в узком участке частот или их может быть больше, если расширяется диапазон принимаемых частот. Катушка L5 является катушкой положительной обратной связи, которая встроена в УРЧ и служит всё для той же цели - сузить полосу принимаемых приёмником частот (множитель добротности): часть усиленного полезного сигнала из истоковой цепи в фазе поступает на входной контур, уменьшая в нём потери, конденсатор C2 настраивает контур L2C2 в резонанс, что приводит к выделению полезного сигнала, переменным резистором R2 регулируется подход к режиму самовозбуждения УРЧ. Пользуясь тремя ручками подстройки КПЕ (C1, C2) и резистора (R2), последовательно устанавливаем наилучшие условия приёма.

Принятый и отфильтрованный сигнал с истока и стока ПТ VT1 в противофазе (каскад УРЧ с разделённой нагрузкой) поступает на балансный смеситель, выполненный на ПТ VT2 и VT3, сигнал подаётся на смеситель с истока и стока VT1 в противофазе (желательным является лишь уравнивание его амплитуд подбором сопротивления резистора R1), напряжение гетеродина подаётся в цепь истоков транзисторов VT2, VT3 с отвода катушки L9 или дополнительной катушки связи, намотанной на одном каркасе с L9 (L10). Сигнал ПЧ (сигнал биений между входным сигналом и напряжением гетеродина) выделяется в дифференциальном контуре L6C11C12 (по аналогии с двухтактным трансформаторным выходным каскадом УЗЧ - в первичной обмотке трансформатора, правда, в примере с трансформатором, - апериодической, не настраиваемой, широкополосной) и с катушки L7 (как со вторичной обмотки трансформатора ЗЧ –в нагрузку) или резонансного контура – L7C13, образующего с предыдущим контуром фильтр ПЧ, подаётся для дальнейшего усиления в УПЧ и обработки в схеме детектора и УЗЧ. L8 – РЧ дроссель служит для возможности подачи

напряжения питания на “горячие” по РЧ стоки транзисторов смесителя с “плавающей” нулевой точкой по РЧ.

Кварцевый гетеродин с уводом частоты собран на ПТ VT4. Кварцевый резонатор возбуждается в генераторе на частоте первой гармоники (например, 24,050 МГц при ПЧ = 10 МГц – частота гетеродина для возможности её максимального увода выбрана выше частоты принимаемого сигнала, поэтому в ПЧ для выделения верхней боковой нужно установить соответствующий фильтр) и может уводиться вверх с помощью конденсатора переменной ёмкости C13 с малой начальной ёмкостью. Применена осцилляторная схема генератора без видимой обратной связи, генерация возникает за счёт большой добротности необертонного резонатора, стоящего в высокоомной цепи затвора ПТ VT4. Напряжение гетеродина выделяется в контуре L9C14 и с части витков катушки L9 или с катушки связи L10 подаётся на смеситель.

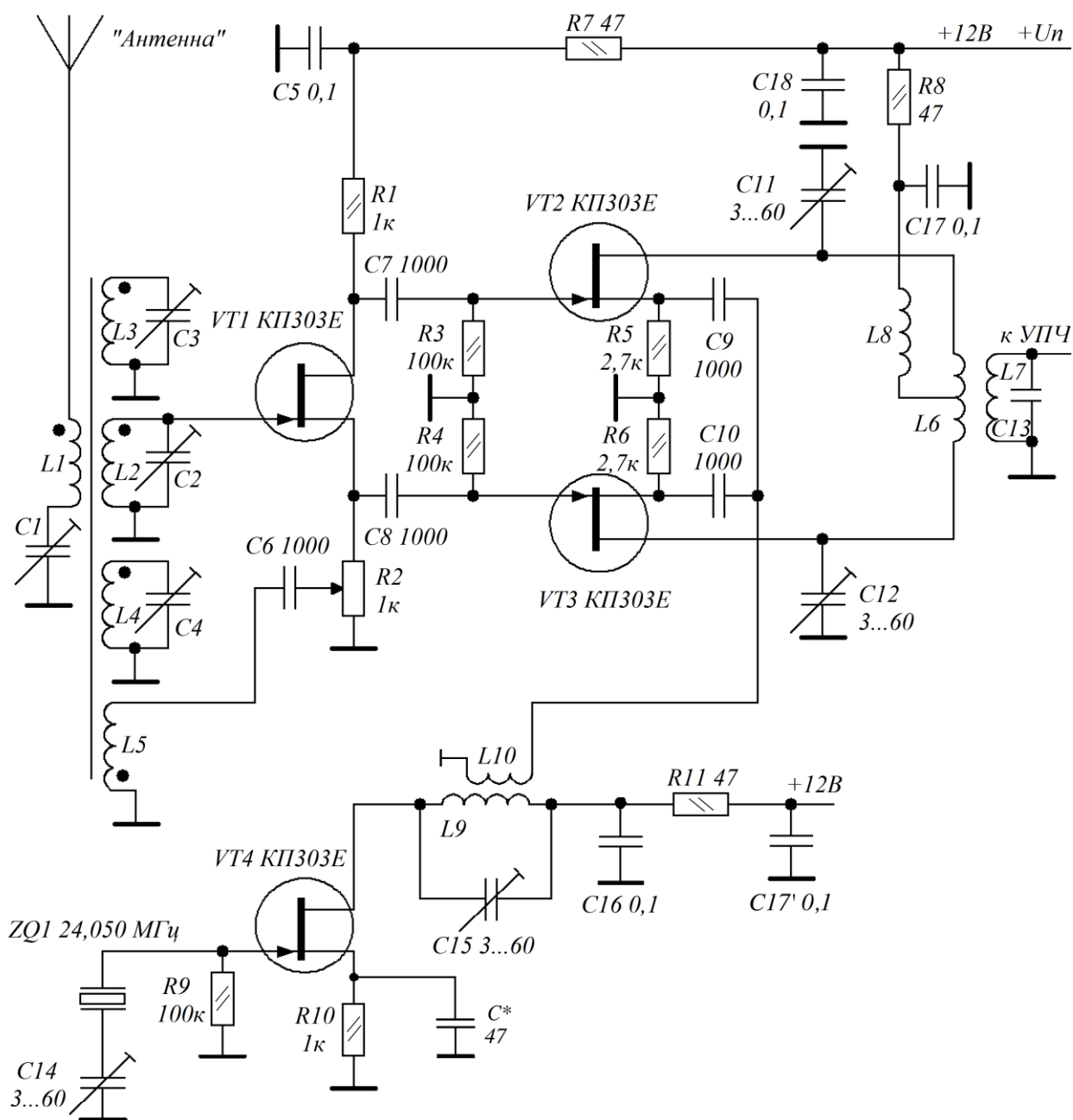


Рис. 1. Входное устройство приёмника с балансным смесителем. Схема принципиальная электрическая

Нам Рис. 2, 3 показаны эскизы экспериментальных монтажных плат для ВУ с УРЧ и смесителем и для кварцевого гетеродина, соответственно.

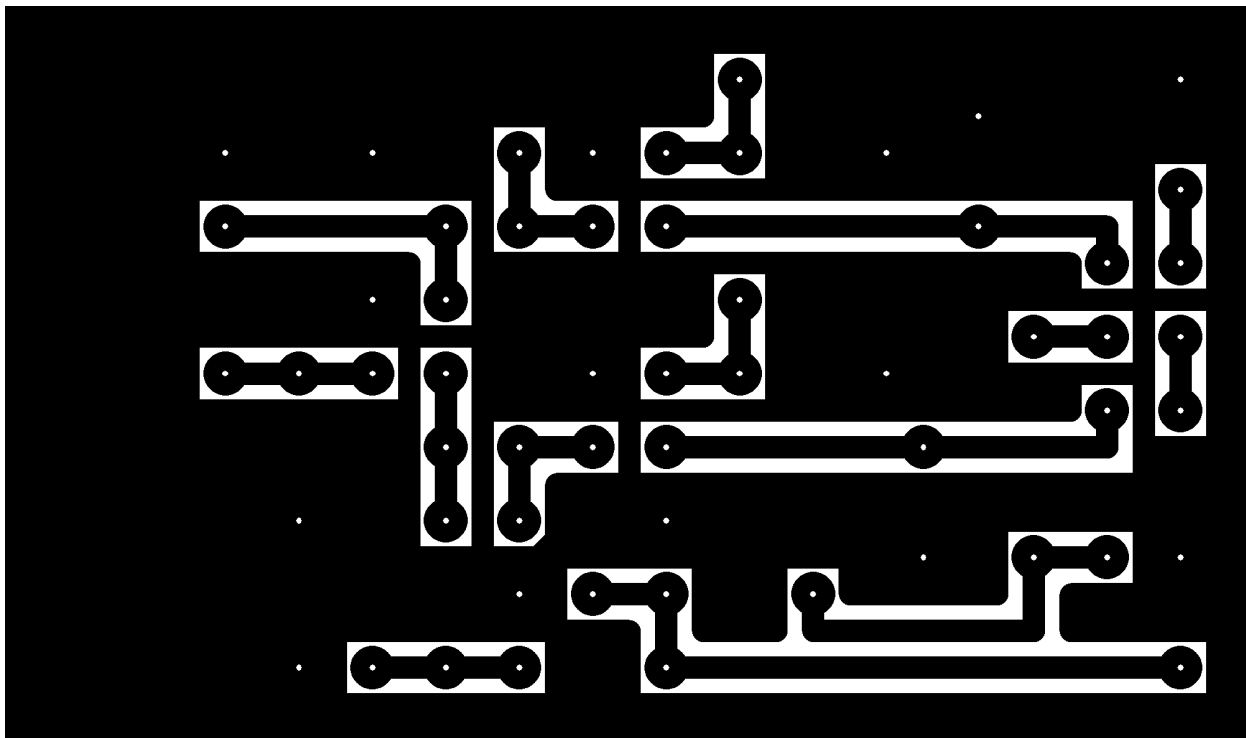


Рис. 2. Эскиз экспериментальной монтажной платы ВУ, УРЧ и смесителя. Вид со стороны печатных проводников. Размеры платы: 85 x 50 x 1,5 мм. Сделан припуск для размещения дополнительных деталей ВУ

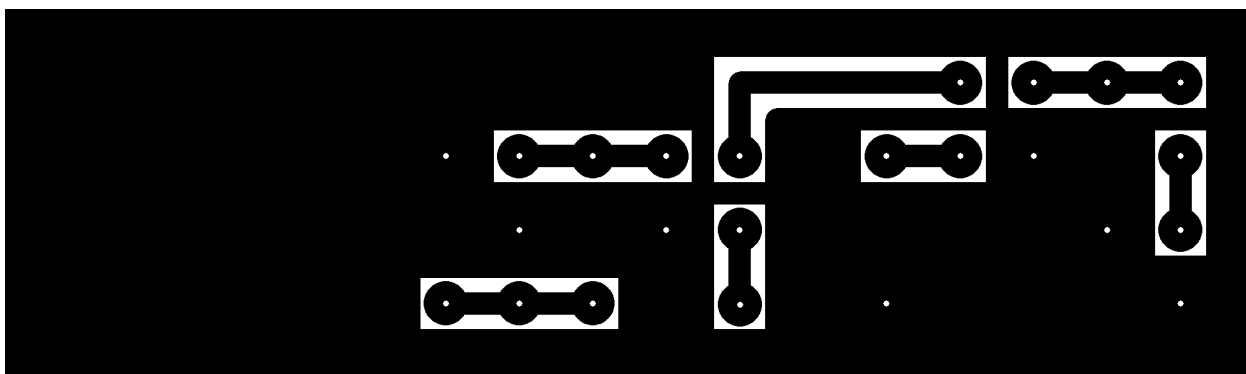


Рис. 3. Эскиз экспериментальной монтажной платы кварцевого гетеродина. Вид со стороны печатных проводников. Размеры платы: 85 x 27,5 x 1,5 мм

При монтаже РПУ, плату гетеродина следует отделить от сигнальной платы экраном.

На Рис. 4, 5 приведены эскизы расположения деталей на платах: ВУ – УРЧ – смесителя и кварцевого гетеродина, соответственно.

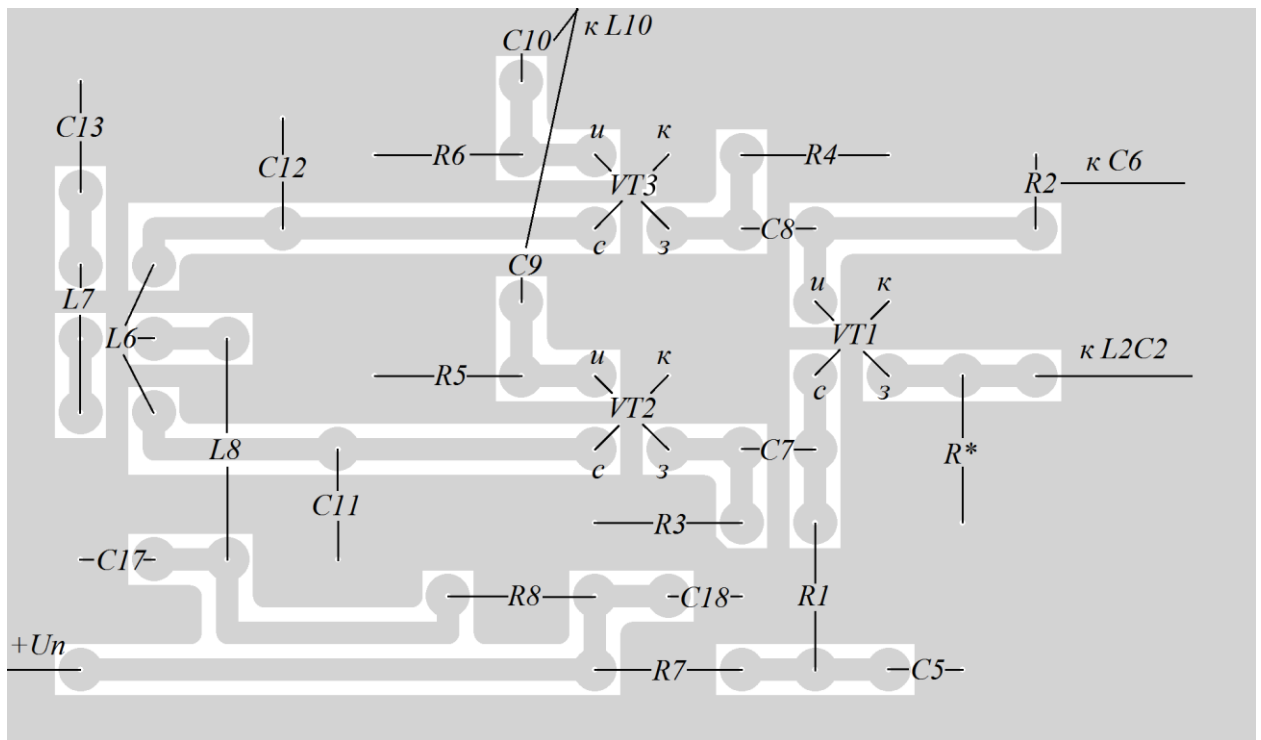


Рис. 4. Эскиз экспериментальной монтажной платы ВУ-УРЧ-смесителя. Вид со стороны расположения деталей

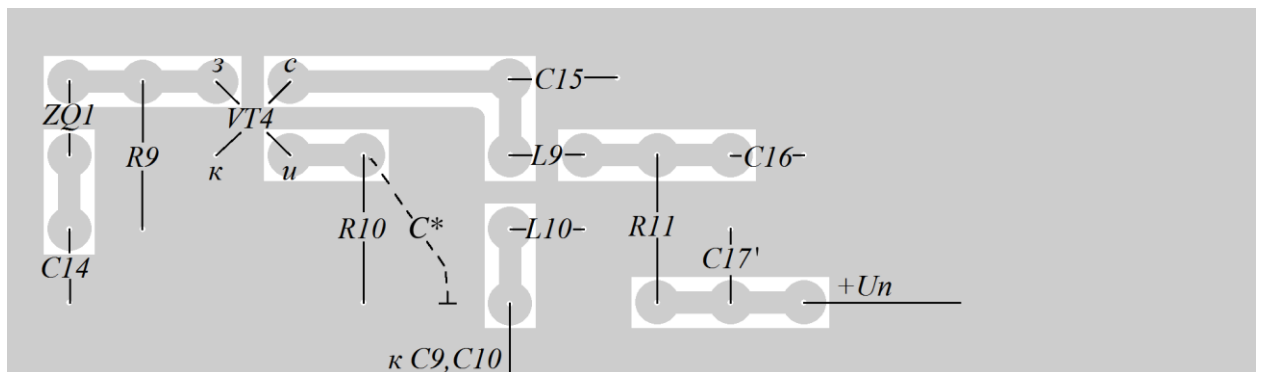


Рис. 5. Эскиз экспериментальной монтажной платы гетеродина. Вид со стороны расположения деталей

Резистор R^* (100 кОм), отсутствующий на принципиальной схеме и присутствующий на монтажной плате, служит как защитный, при настроечных операциях, исключающий отрыв затвора ПТ VT1 от общего провода, после настройки, - удаляется. Конденсатор C^* устанавливается со стороны печатных проводников в случае применения малоактивного кварцевого резонатора ZQ1, его ёмкость подбирается с помощью градуированного КПЕ по максимуму напряжения нужной гармоники на контуре $L9C15$ (индикация резонансным волномером).

Для повышения степени защиты от внеполосных помех можно также призвать явление резонанса, например: включить дополнительные последовательные контуры (фильтры типа “дырка”), настроенные на частоты местных мощных, создающих помехи станций L3C3 и L4C4 -(Рис. 6)- в качестве фильтров типа “дырка” можно применить и

четвертьволновые отрезки коаксиального кабеля, разомкнутые на свободном конце и настроенные на частоты помех или применить комбинированный фильтр (Рис. 7).

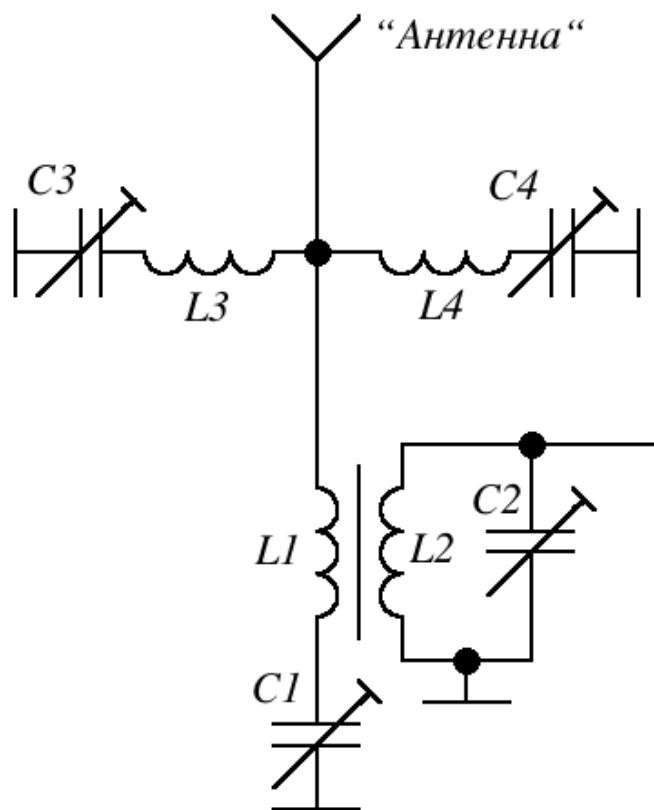


Рис. 6. Защитные последовательные контуры (такие контуры можно настраивать и на ПЧ, с целью дополнительного ослабления прямого приёма сигналов с промежуточной частотой, несмотря на применение балансного смесителя). Схема принципиальная электрическая. L1C1 и L2C2 - контуры ВУ приёмника

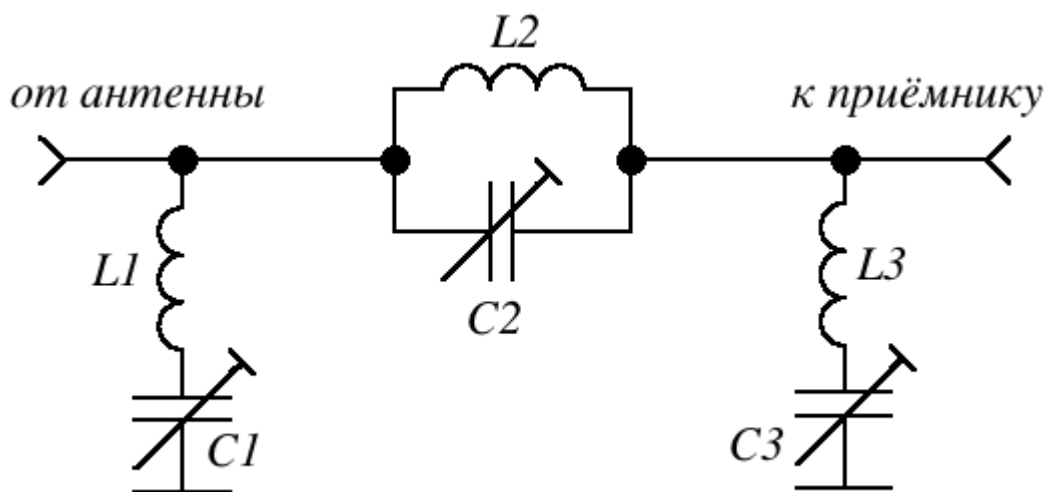


Рис. 7. Фильтр. Схема принципиальная электрическая

Высокая добротность последовательных контуров и высокий импеданс в полосе задерживания позволяют подключать эти контуры параллельно, когда их резонансные частоты разнятся. При настройке последовательных контуров на одну и ту же частоту, с целью повышения эффективности подавления помехи, следует разделить последовательные контуры параллельным (фильтр типа “пробка”), настроенным на ту же частоту. В этом случае, сигнал резонансной частоты (помехи) последовательными контурами, включенными параллельно, будет избирательно замкнут на общий провод, а параллельный контур, включенный последовательно, будет избирательно всячески мешать прохождению помехи за счёт высокого сопротивления прохождению токов РЧ на резонансной частоте. Итак, контур L2C2 (Рис. 7) выделяет сигнал помехи, не даёт ему распространяться далее, контур L1C1 успешно замыкает этот сигнал на корпус, остатки помехи, просочившейся через параллельный контур L2C2, на общий провод замыкает контур L3C3. Для лучшего понимания можно привести аналогию: представьте себе насыпной мостик через арык, под которым проложена труба малого диаметра, по обе стороны моста прорыты под прямым углом к арыку канавы. Вода из арыка пойдёт, естественно, в канаву до моста, но часть прольётся и по трубе за мост, где её поджидает следующая канавка – несправедливо для полива, но для понимания сути фильтра...

Чем выше добротность контуров фильтра, тем лучше он будет справляться с подавлением помехи и меньше ослаблять полезный сигнал. Количество звеньев фильтра можно увеличивать, при этом, необходима экранировка входных цепей приёмника для устранения прямого приёма помехи, минуя фильтр, все звенья фильтра следует поместить в отдельные экранированные отсеки. При увеличении количества звеньев фильтра несколько ослабляется и полезный сигнал, нужен компромисс.

Если последовательные и параллельный контур поменять местами, то фильтр будет не подавлять, а выделять сигнал, в этом случае, его настраивают на полезный сигнал.

Для устранения непосредственного влияния контуров фильтра друг на друга (паразитная ёмкостная и индуктивная связь) и прямого без фильтра приёма, звенья фильтра заключают в отдельные отсеки из проводящего материала (металл, фольгированные материалы), полностью фильтр заключается в металлические глухие коробки с выводами к антенне и приёмнику, соединение с приёмником производится экранированным (коаксиальным) кабелем (ещё лучше, - с двойной экранировкой). Поскольку характеристическое сопротивление кабеля – низкое, а выходное сопротивление (импеданс) фильтра – высокое, необходимо согласование, иначе, ёмкость соединительного кабеля напрочь испортит характеристику фильтра – его способность защищать приёмник от помех. Согласование можно выполнить, применив последовательный контур, настроенный на частоту полезного сигнала или параллельный, используя автотрансформаторную или трансформаторную связь, как вариант можно применить и связь с помощью ёмкостного делителя.

Все катушки (кроме L1) – Рис. 1 размещены в одном отверстии трансфлюктора, хотя, желательно, чтобы каждая катушка была размещена в своём (“многодырочный” трансфлюктор), при этом, осуществляется их связь только через общий магнитный поток в сердечнике и минимальное влияние друг на друга, по этой же причине, катушки следует мотать проводом ПЭЛШО, т. е., обеспечив минимально возможную межвитковую ёмкость

и ёмкостную связь между катушками, при намотке их в одном отверстии. Диаметр провода катушек зависит от размера отверстий в трансфлюкторе, количества катушек в одном отверстии и диапазона частот, обычно на КВ, это – 0,1...0,33 мм. Для повышения добротности контуров, следует применять подстроечные конденсаторы и КПЕ с минимальными начальными емкостями, например, 2...7; 3...60; 4...15 пФ.

Схема смесителя может быть и другой, но данная выбрана из-за минимального количества моточных деталей, однако, не всё так просто: полевые транзисторы придётся подобрать идентичными друг другу по одинаковому току стока (ещё лучше) и по напряжению отсечки и другим параметрам или применить интегральную сборку ПТ, остальные детали противоположных плеч (конденсаторы, катушки), тоже желательно подобрать идентичными друг другу. От этого зависит возможность точной балансировки смесителя, т. е., обеспечения полного подавления напряжения гетеродина на контуре ПЧ, что уменьшает долю вносимых шумов и увеличивает динамический диапазон УПЧ. Резисторы в истоковых цепях транзисторов смесителя можно заменить и одним – подстроечным общего сопротивления (для “наглядности” баланса), однако, это можно сделать только в том случае, когда подобраны все компоненты смесителя для работы в симметричной схеме, иначе, добиться полной симметрии не удастся, а, значит и полного подавления напряжения гетеродина и входного сигнала – смеситель балансируется как по напряжению гетеродина, так и по сигнальному входу. Такой смеситель устойчив к перегрузкам в приёмниках и может применяться не только в приёмном, но и в передающем тракте [7].

При виде ВУ с несколькими контурами, возникает желание применить систему в многодиапазонном варианте, а контуры L2C2...L4C4 настроить на разные диапазоны (с переключением к ним КПЕ), такая схема, при апериодической катушке связи с антенной L1, будет “собирать” сигналы с различных диапазонов частот, на которые будут откликаться выше упомянутые контуры, а вот, при резонансной цепи L1C1, такое применение возможно: один сердечник на несколько диапазонов, правда и предварительная настройка ВУ усложнится, переключений не избежать (КПЕ), а ёмкость C1 в союзе с катушкой L1 должны будут перекрывать все применяемые диапазоны. Отдельная плата ВУ с УРЧ (или в союзе со смесителем) может быть выполнена конструктивно как часть радиоприёмника или отдельно. Обычно многодиапазонные приёмники (да и передатчики) делаются компромиссными: детали одного диапазона “не совсем подходят” для другого, например, сказывается трудность в подборе ПЧ, в одном диапазоне нет поражённых частот, в другом, при одной и той же ПЧ в обоих случаях, в одном из них появляются свисты... При современных малогабаритных деталях, возможно изготовление радиочастотных блоков целиком до УЗЧ (оптимальных, с собственной ПЧ) как частей, например, барабанного переключателя, переключая который можно использовать РЧ блоки на сто процентов их возможностей в каждом диапазоне. При современных методах обработки (DSP), возможности РПУ ещё более расширяются, хотя никто не мешает ввести фильтры и в те переключаемые целиком блоки. Увеличивается стоимость аппаратуры... Да, это так, но для повышения качественных показателей радиоприёмной аппаратуры при DX-инге можно пойти и на это, тем более, что “цифровизация” радиоловительской аппаратуры достигла такого уровня, что в аппаратуру перестали устанавливать моточные (читай: фильтрующие) изделия,

руководствуясь уменьшением габаритов конструкций, коммерческими мотивами... Устроит ли радиолюбителя аппарат размером со спичечный коробок, к которому, для развязки по электромагнитному полю с окружением нужно полкомнаты различных фильтров... Тем более, что радиолюбителю и самому хочется что-нибудь сделать своими руками...

На Рис. 8 приведена схема для подбора идентичных параметров полевых транзисторов всего по одному параметру - заданному значению тока стока, при постоянных сопротивлениях резисторов в истоковой цепи и цепи затвора (такой способ подбора ПТ используется в [7]).

На Рис. 9 – схема для измерения и подбора идентичными такими параметрами транзисторов, как напряжение отсечки ПТ используемых в дифференциальных и балансных схемах.

На Рис. 10 – схема для измерения и подбора идентичными начальными токами стоков ПТ для балансных схем.

В качестве измерительных приборов (mA, V) следует использовать современные мультиметры с высокой разрешающей способностью и цифровой индикацией, с пределами не выше указанных на Рис.8...Рис.10. Для подбора ПТ в смеситель достаточным оказывается отбор транзисторов по одной заданной точке (Рис. 8),

При ловкости рук, транзисторы можно впаивать и выпаивать многократно. Подбор ПТ осуществляется по одинаковому (хотя бы приблизительно) току стока, его абсолютное значение должно быть в пределах 2,5...3,5 мА, при значениях сопротивлений резисторов, указанных на схеме (Рис. 8) и выбранной рабочей точке ПТ. Обычно, характеристики транзисторов одной партии идентичны, - хорошо совпадают на всём протяжении, так что, достаточно и такой методики подбора. Для тех же, кто хочет достигнуть ещё более высоких (прецизионных) результатов, следует дополнительно измерить (и подобрать равными у двух отобранных экземпляров) напряжения отсечки, например, при токе стока 50 мкА. Платой за усердие будет сверхсимметричный смеситель, который линейно перенесёт спектр сигнала от УРЧ на ПЧ, при этом, полностью подавив напряжения смешиваемых частот.

Литература: 1. В. Беседин (UA9LAQ). Полосовой фильтр.

http://www.cqham.ru/trx85_81.htm

2. В. Беседин (UA9LAQ). Узкополосный LC-фильтр. РАДИОЛЮБИТЕЛЬ № 1 1993 г стр. 37
3. В. Беседин (UA9LAQ) . Полосовой фильтр для РЧ. РАДИОМИР № 7 2007 г стр. 24-25
4. В. Беседин (UA9LAQ) . Полосовой фильтр для РЧ. РАДИОМИР № 2 2010 г стр. 24

5. В. Беседин (UA9LAQ) . Полосовой фильтр для РЧ. РАДИОМИР № 7 2010 г стр. 22
6. А. Никонов (UA3SEQ). Диапазонные полосовые фильтры. РАДИОМИР. КВ и УКВ № 5 2010 г стр. 24...26
7. Martin Steyer – DK7ZB. 50-MHz-Transverter für Kurzwellentransceiver Funkamateuer Nr. 8 1995 г, ss. 856...858, Nr. 9 1995 г, ss. 968...970, Nr. 10 1995 г, ss. 1088...1089

Виктор Беседин (UA9LAQ)

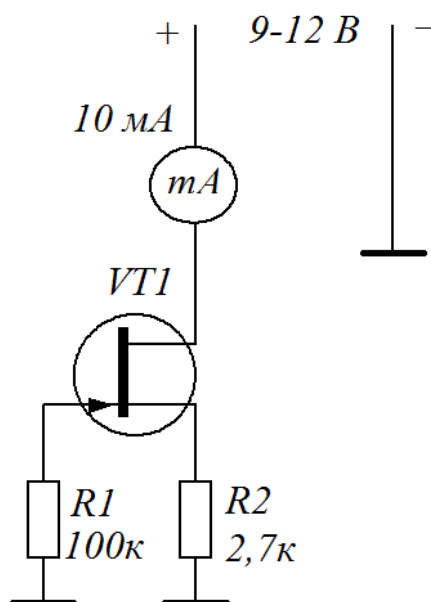


Рис. 8. Электрическая схема устройства для подбора идентичных по току полевых транзисторов (в пределах 2,5...3,5 мА с указанными номиналами резисторов и напряжением питания)

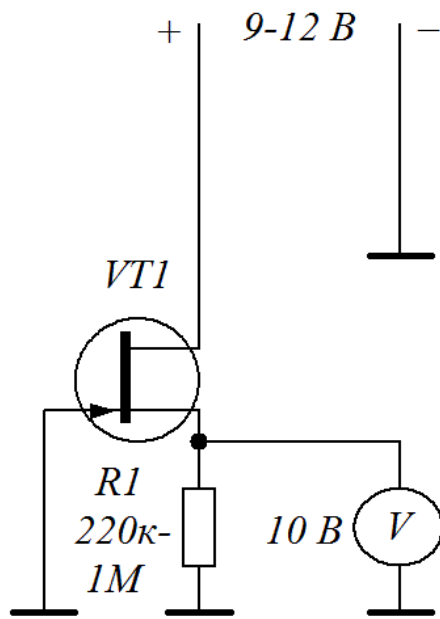


Рис. 9. Схема измерения напряжения отсечки ПТ

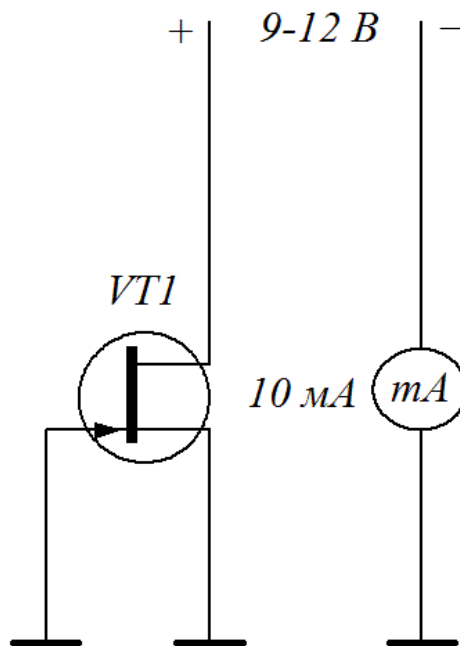


Рис. 10. Измерение начального тока стока ПТ

Ток насыщения стока (начальный ток стока) и напряжение отсечки принято измерять при напряжении на стоке, равном 10 В, и напряжении на затворе равном 0 В.