

Гетеродин трансвертера 144/14 МГц

Несмотря на то, что диапазон 14 МГц (14,0...14,35 МГц) намного уже, чем двухметровый (144,0...146,0 МГц), радиолюбители часто используют его в качестве ПЧ для УКВ-трансвертеров. Речь идёт о тех, кто работает на “двойке” телеграфом, SSB, цифровыми видами связи. Причин тому много: одни считают (и не без основания), что параметры базового аппарата (реальная чувствительность, шумовые параметры) лучше в 20-метровом диапазоне, чем, например, в часто используемом в качестве ПЧ с трансвертерами, 10-метровом; выше стабильность частоты (если речь идёт о самодельном базовом аппарате с ГПД); уже диапазон - меньше “поражённых точек”, наконец, вступают в силу простая предвзятость к 10 метровому диапазону, его отсутствие в аппаратуре или отсутствие кварцевого резонатора на нужную частоту...

Подавление зеркального канала с понижением ПЧ уменьшается, но на 14 МГц оно ещё довольно высокое, хотя, в любом случае, следует обращать внимание на добротность контуров входного ПФ приёмной части трансвертера. Для сравнения: в УКВ трансиверах с одним преобразованием применялась ПЧ = 10,7 МГц, при которой зеркальный канал находится ещё ближе по частоте. Аргументом в пользу применения в качестве тракта ПЧ 20-метрового диапазона может являться и тот факт, что CW и SSB станции наиболее часто работают, именно, в начале диапазона (в пределах первых 300 кГц), расширять который нет необходимости.

В своё время, автор длительное время работал CW и SSB на аппаратуре, состоящей из трансвертера (модернизированной ламповой приставки UW6MA) [1] и трансивера UW3DI (ламповый вариант) [2], использовавшегося как тракт ПЧ на 14 МГц. Известно, что у такого трансивера перекрытие по диапазонам составляло 500 кГц (в нашем случае - 14,0...14,5 МГц), следовательно, с приставкой к трансиверу имела возможность работы на частотах 144,0...144,5 МГц. 90% связей в 2-метровом диапазоне (в круге от Мурманской области, Финляндии, Смоленска, Ставрополя, Баку, Фрунзе (Бишкека), Алма-Аты до Хакасии, Красноярского края, Томской области, Ханты-Мансийского АО, Коми АССР, Архангельской области) были проведены в пределах первых ста килогерц...

Шло время: началось массовое освоение ЧМ, появились локальные УКВ сети, начали действовать наземные ретрансляторы, заработали ретрансляторы и на бортах ИСЗ – потребовалось расширение диапазона рабочих частот, которое я провёл очень просто, подготовил набор кварцевых резонаторов, частоты которых давали, в итоге, 4 участка диапазона 2 метра по 500 кГц каждый, единственным неудобством, в этом случае, являлась необходимость несколько подкорректировать настройку контуров умножителей гетеродина и сигнальных, чтобы получить максимальную чувствительность приёмника и максимальную выходную мощность передатчика в требуемых участках диапазона. В экстренных случаях и этого делать было не нужно, переставил кварцевый резонатор в приставке и уже работаешь в другом участке диапазона...

Гетеродин приставки был устроен следующим образом: кварцевый генератор возбуждался на первой гармонике кварцевого резонатора – 6, 5 МГц, далее, следовал умножитель частоты на 5 (получается 32,5 МГц), затем, следовали два удвоителя ($32,5 \times 2 = 65$ МГц; $65 \times 2 = 130$ МГц). (В родной немодернизированной схеме [1] использовалось такое же формирование выходной частоты гетеродина: только использовался кварцевый резонатор на 5,8 МГц, выходная частота гетеродина равнялась 116 МГц и ПЧ = 28 МГц).

На смеситель поступало напряжение с гетеродина частотой 130 МГц и усиленный в УРЧ входной сигнал 144 МГц, в результате: на выходе смесителя появлялся

сигнал в диапазоне 14 МГц ($144 - 130 = 14$ МГц). Всю остальную обработку можно вести в трансивере как на КВ, т. е. используя весь его арсенал: фильтры, ограничители, множители добротности и т. п. Формирование частоты гетеродина представлено на Рис. 1. в виде блок-схемы.

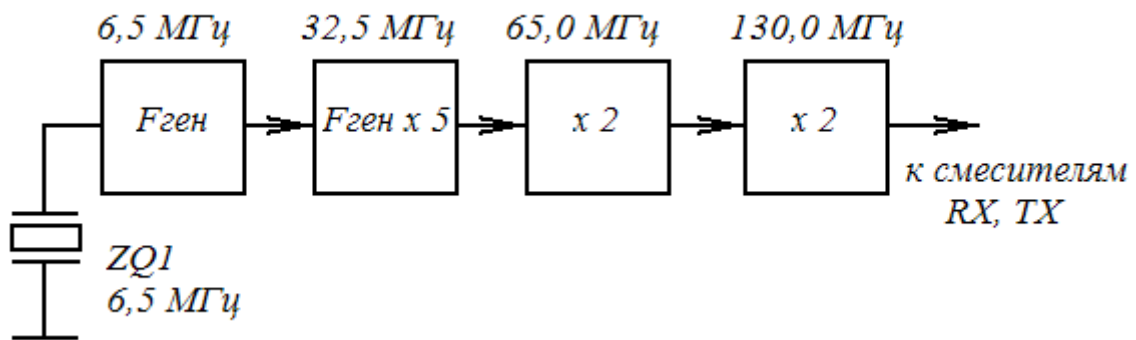


Рис. 1. Блок-схема кварцевого гетеродина модернизированной ламповой трансиверной приставки UW6МА

Современный гетеродин в трансвертере на транзисторах можно построить по такой же схеме: $6,5 \text{ МГц} \times 5 \times 2 \times 2 = 130 \text{ МГц}$, но это потребует применения, кроме генератора и ряда умножителей частоты. Можно немного упростить гетеродин, упразднив один удвоитель (Рис. 2),

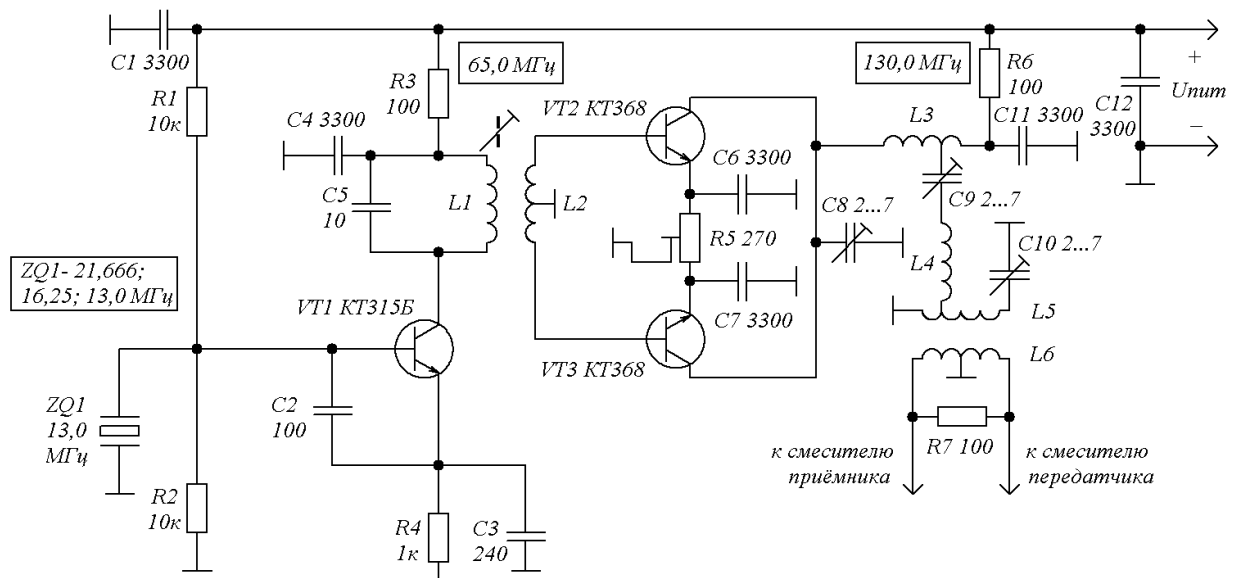


Рис. 2. Кварцевый гетеродин с частотой выходного напряжения равной 130 МГц. Схема принципиальная электрическая

но (по современным понятиям) и оставшийся удвоитель является излишним, кроме того он вреден, по следующим причинам: во-первых, в умножителях выделяются напряжения частот, которые не нужны (по конечному результату: $6,5-32,5-65,0$ МГц - в первом случае и $13,0-65,0$ МГц - во втором), а только ухудшают спектральную чистоту напряжения гетеродина, что приводит к появлению дополнительных частот при преобразовании, что чревато появлением TVI и RFI. Посудите сами: в напряжении гетеродина присутствуют гармоники, кратные, в первом случае - $6,5, 32,5$ и $65,0$ МГц, во втором - $13,0$ и $65,0$ МГц; во-вторых, малейшая девиация частоты кварцевого

генератора, тут же будет умножена, что приведёт к уходу рабочей выходной частоты (в нашем случае $20 \dots 10 \Delta F_{\text{гет}}$) в $20 \dots 10$ раз, представьте себе, что частота кварцевого генератора изменилась на 20 Гц из-за нестабильности питающего напряжения, изменения температуры, эффекта “мерцания” конденсаторов или РЧ наводок, в схеме, описываемой Рис. 1 выходная частота гетеродина изменится на 400 Гц, в схеме на Рис. 2 – на 200 Гц, увеличиваются фазовые шумы и белый шум, вносимый в напряжение гетеродина последовательными каскадами.

Развязать этот “гордиев узел” можно, применив всего один, к тому же полевой, транзистор, обладающий меньшими шумами по сравнению с биполярным и возбуждать резонатор в схеме кварцевого генератора следует на гармонике, частота которой соответствует выходной для гетеродина трансвертера (Рис. 3). При этом встают две проблемы, в общем-то преодолимых, о них уже упоминалось в [3]. Первая – качество и стабильность катушек генератора, вторая – необходимость подбора частот резонаторов.

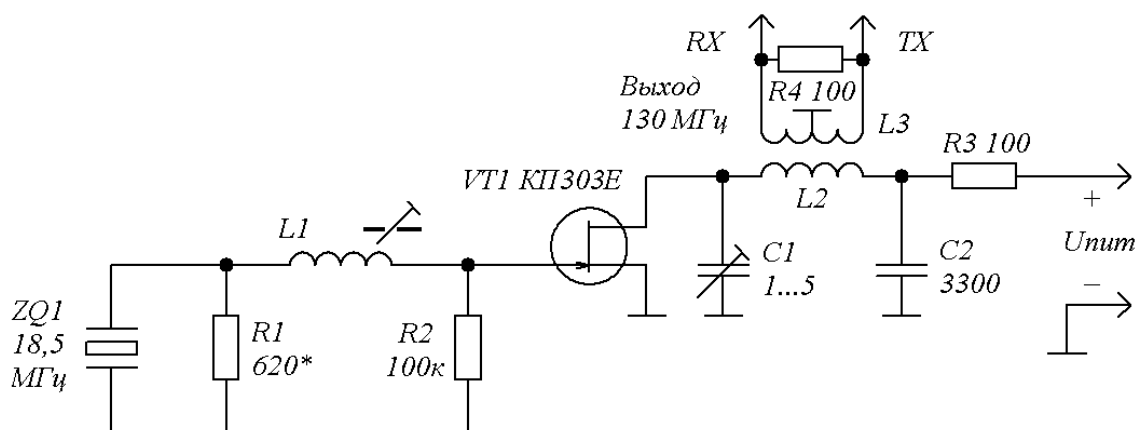


Рис. 3. Схема гетеродина трансвертерной приставки. Схема принципиальная, электрическая

В этой схеме присутствует только седьмая гармоника кварцевого резонатора с учётом повышения частоты, имеющей место при возбуждении резонатора на гармониках. После смесителя, как нелинейного элемента, будут присутствовать и гармоники частоты гетеродина 130 МГц (260, 390, 520 МГц и т.д.), но, по сравнению с ситуацией, описанной выше, эти гармоники отстоят на большее расстояние по оси частот и поэтому могут быть лучше подавлены фильтрами ПЧ, тем более, что они не выделяются (нет резонансных цепей, настроенных на частоты гармоник), а, значит, и изначально напряжения гармоник имеют невысокий уровень, нет субгармоник выходной частоты гетеродина.

Катушка L1 содержит 5 витков провода ПЭВ-0,8 на оправке диаметром 8 мм, катушка L2 – 4 витка провода ПЭВ-0,8 на оправке 8 мм, катушка связи L3 – 2 + 2 витка ПЭВ-0,8 на оправке диаметром 8 мм, L3 расположена соосно с L2. Имея подстроечные сердечники из ферритов с проницаемостью 7...30 можно изготовить катушки с использованием каркасов (например, как в [3]). В этом случае, подстроечный конденсатор C1 можно упразднить, повысив добротность контура с катушкой L2, что позволит возбуждать резонаторы на ещё более высоких гармониках, в частности - на девятой.

Нагрузочная способность гетеродина достаточно велика, а амплитуда выходного напряжения достаточна для работы смесителей приёмного и передающего трактов трансвертера без усиления. Резистор R1 способствует подавлению колебаний на основной (первой) гармонике кварцевого резонатора, его величина может колебаться

вниз от 1 кОм. Если не установить этот резистор, то резонатор будет возбуждаться на основной гармонике, львиная доля мощности генератора придётся на эту частоту, мощность верхних гармоник (и их будет уже не одна!) очень сильно упадёт и ухудшится спектральный состав напряжения гетеродина.

Частоту колебаний кварцевого гетеродина в небольших пределах удобно подстраивать изменением напряжения питания, например, в индивидуальном стабилизаторе напряжения, выполненном на ИМС (LM317 и т.п.), однако, при этом, изменится и амплитуда выходного напряжения гетеродина.

Для желающих применить в качестве ПЧ 10-метровый диапазон КВ трансивера (ПЧ = 28,0...30,0 МГц) следует устанавливать выходную частоту гетеродина 116 МГц, сформировав её, например, так: для схемы на Рис.2 $11,6 \times 5 \times 2 = 116$ МГц. Можно применить кварцевые резонаторы на частоты основного резонанса 11,6; 14,5 и 19,333 МГц. Во втором случае, на частоте 145 МГц будет присутствовать достаточно мощная помеха (10 гармоника кварцевого резонатора – это является одной из иллюстраций в пользу отказа в УКВ гетеродинах от возбуждения резонаторов на основных гармониках и последующего умножения частоты). Гетеродин (Рис. 3) потребует применения подбора резонатора с частотой основного резонанса в районе $116 : 7 =$ (ниже) 16,571 МГц. При желании перекрыть весь 2-метровый диапазон, используя в качестве ПЧ 20 метровый, проще всего изготовить несколько переключаемых кварцевых гетеродинов (Рис. 3), - благо, они несложные, при этом их частоты нужно распределить для получения поддиапазонов с небольшим перекрытием, например: 143995...144505, 144495...145005, 144995...145505, 145495...146005 кГц (при изменении частоты в трансивере (ПЧ для трансвертера) в пределах 13995...14505 кГц). При этом выходные частоты гетеродинов составят: 130,0; 130,5; 131,0 и 131,5 МГц.

В настоящее время всё большее распространение получают готовые кварцевые генераторы в интегральном исполнении, имеющие, как правило, выводы питания и вывод для выходного напряжения с частотой, обозначенной на корпусе интегрального генератора. Применение таких генераторов в любительской аппаратуре позволит упростить её, повысить стабильность частоты, термостабильность, правда, есть и “но” – на выходе таких генераторов присутствуют напряжения по форме колебаний близкие к меандру, следовательно, на выходе требуется очень хорошая фильтрация, т.е., нужны достаточно сложные фильтры. Есть и ещё одно “но”, например, цена кварцевого генератора на 1152 МГц, необходимого для трансвертеров диапазона 23 см, составляет ныне около 7 тыс. рублей...

Гетеродин может быть размещён на печатной плате, смонтирован навесным монтажом на опорных стойках или выполнен планарным способом на “пяточках” как в приставке С. Жутяева [4], причём, “пяточки” можно прорезать не только на печатной плате, а вырезать кружки диаметром 5 мм из фольгированного стеклотекстолита, которые приклеиваются в нужных местах для опоры монтажа на подложку из одно- или двухстороннего фольгированного стеклотекстолита, из которого можно собрать корпус приставки. Наименьшая ёмкость “пяточка” относительно подстилающей общей металлизированной поверхности получается при достаточно толстом стеклотекстолите как подложки, так и вырезанного из него “пяточка”. Конкретнее: допустим, что из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1,5 мм спаян корпус приставки (фольгой наружу), монтаж генератора будет производиться на нижней стенке корпуса, из такого же материала изготовлены и “пяточки”, которые, после подбора их оптимального расположения, приклеиваются к нижней стенке корпуса приставки. Расстояние между обкладками конструктивного конденсатора - фольга “пяточка”- фольга нижней стенки корпуса,- будет составлять 3 мм. Необходимо помнить о том, что фольгированная поверхность корпуса является общей обкладкой для всех пяточков, что может повлечь за собой

нежелательные связи в аппаратуре, поэтому все приставки Жутяева, выполненные планарным способом, желательно размещать на платах, фольгированных с одной стороны или “прошивать” фольгированный с двух сторон стеклотекстолит перемычками “нулевого провода” по сетке 10...20 мм или между “пяточками”, связь между которыми нежелательна. На Рис. 4 приведён эскиз монтажной платы гетеродина, которая может быть использована большей частью как макетная (для подбора кварцевых резонаторов, катушек, оценки возможности резонаторов на той или иной гармонике), хотя, при наличии места, можно использовать её и в трансвертере.

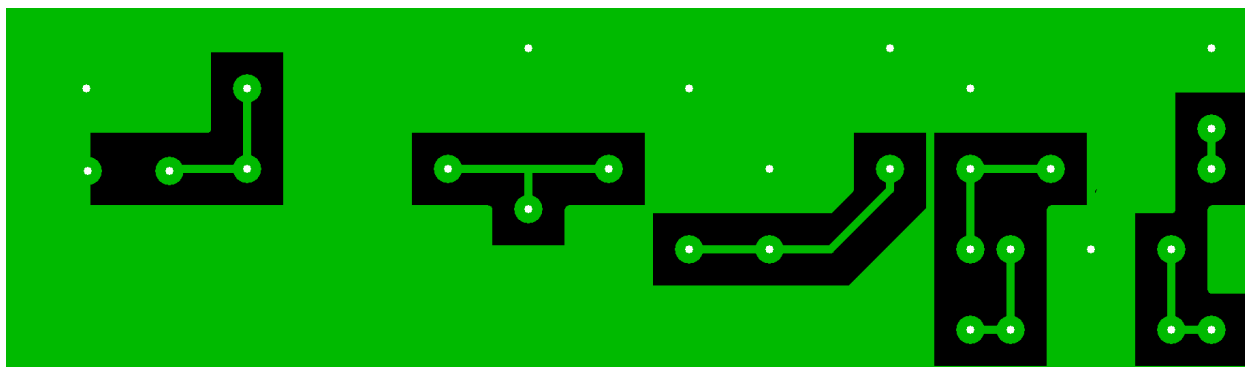


Рис. 4. Эскиз монтажной платы кварцевого гетеродина. Вид со стороны печатных дорожек. Размер платы - 77,5 x 22,5 мм

На Рис. 5 приведёно расположение деталей на монтажной плате.

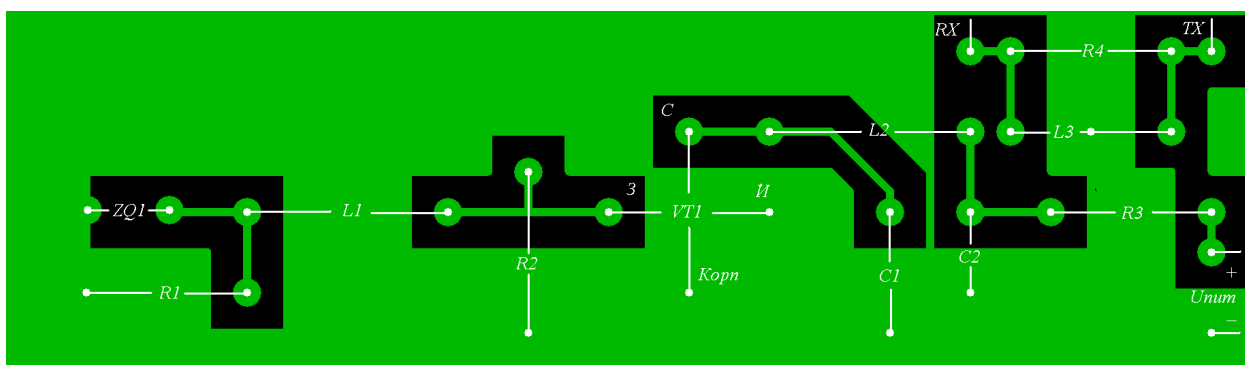


Рис. 5. Эскиз расположения деталей на плате кварцевого гетеродина

Для ПЧ = 21 МГц, как в [4], выбор кварцевых резонаторов должен быть таким: для схемы на Рис. 2 – 12,3; 15,375; 20,5 (первая гармоника) МГц. Для схемы Рис. 3 (ниже) 17,571 МГц.

В схеме Рис. 2, вместо удвоения, можно использовать и утроение частоты, в этом случае: при ПЧ = 21 МГц частоты резонаторов: 8,2; 10,25; 13,666 МГц,
 при ПЧ = 28 МГц - : 7,733; 9,666; 12,888 МГц,
 при ПЧ = 14 МГц - : 8,666; 10,833; 14,444 МГц

ЛИТЕРАТУРА:

1. В. Глушинский. Трансвертерная приставка на 144 МГц. Радио № 5 1972 г стр. 20...22

2. Ю. Кудрявцев. Коротковолновый трансвер. Радио № 5 1970 г стр. 17...19, 45; Радио № 6 1970 г стр. 18...20

3. В. Беседин. Кварцевый гетеродин. РАДИОМИР. КВ и УКВ № 7 2006 г, стр. 27...30 ;
В. Беседин. Кварцевый гетеродин. http://cqham.ru/trx75_16.htm

4. С. Жутяев. Трансиверная приставка на 144 МГц. Радио № 1 1979 г стр. 13...16

Виктор Беседин (UA9LAQ)