

Простой преселектор для многодиапазонного приемника

Сергей БЕЛЕНЕЦКИЙ (US5MSQ), г. Луганск, Украина

Повышение селективных свойств приемного и передающего трактов трансивера для любительской связи — одна из актуальных задач, от решения которой во многом зависит эффективность работы в современном переполненном радиостанциями эфире. Автор предлагает решить ее введением в современную радиостанцию хорошо известного когда-то и незвслуженно забытого устройства — преселектора.

При разработке и изготовлении приемников и трансиверов на низкочастотные диапазоны с использованием ЭМФ радиолюбители традиционно применяют двухконтурные диапазонные полосовые фильтры (ДПФ). Тон был задан четверть века назад такими известными конструкциями, как трансиверы "Радио-76", "Радио-76М2" [1, 2]. Двухконтурные ДПФ в те годы при относительной простоте реализации обеспечивали достаточно высокие параметры, в частности избирательность по зеркальному каналу примерно 40...46 дБ. После существенного расширения несколько лет назад полос частот, отведенных для любительской связи на диапазонах 160 и 80 метров, потребовалось соответственно пропорционально увеличить и полосы пропускания ДПФ. В журнале "Радио" [3] уже рассказывалось, как рассчитать и изготовить двухконтурные ДПФ, обеспечивающие требуемую широкую полосу пропускания при малой неравномерности АЧХ (менее 1 дБ).

Но такое решение приводит к ухудшению избирательности ДПФ. Измерения показали, что для диапазона 160 метров избирательность по зеркальному каналу снизилась до 28...32 дБ, подавление напряжения ГПД — до 20...22 дБ. Подавление сигналов на частоте 1605 кГц (начало вещательного средневолнового диапазона) составляет менее 20 дБ. Дальнейшее всестороннее моделирование в программе RFSimm99 [4] показало, что применение высокодобротных катушек и изменение вида связи между контурами ситуацию не улучшает.

Оценим, какие сигналы при таком ДПФ на диапазоне 160 метров поступают на смеситель приемника при полноразмерной антенне (для эффективной работы на передачу ее длина должна быть 41...160 м). Вот эти составляющие.

1. Шумы и бытовые помехи. В городских условиях в основной полосе частот 200 кГц они достигают уровня $S+10...20$ дБ (150...500 мкВ).

2. Сигналы радиолюбительских станций. Уровень сигналов от близко расположенных радиостанций достигает зачастую $S+40...50$ дБ, т. е. 5...15 мВ.

3. Шумы, бытовые помехи и сигналы ведомственных станций зеркального канала такой же шириной 200 кГц. Они ослаблены всего на 30 дБ.

4. Сигналы мощных вещательных станций средневолнового диапазона. Их уровень в больших городах на полноразмерной антенне может достигать нескольких вольт. После ослабления в

ДПФ на 20...30 дБ он составит сотни милливольт.

Это очень тяжелый режим работы даже для высокодинамичного смесителя. Кстати, обзор всех известных любительских конструкций трансиверов с динамическим диапазоном по интермодуляции более 90 дБ, опубликованных в радиолюбительской литературе и Интернете, показал, что по абсолютной величине допустимый уровень помех составляет всего 50...100 мВ. Для диапазона 80 метров ситуация не лучше — 380...400 кГц основной полосы пропускания плюс такая же полоса слабо подавленного (-17...22 дБ) зеркального канала с не менее мощными шумами, бытовыми помехами и сигналами ведомственных станций.

Иными словами, двухконтурные ДПФ на диапазоны 80 и 160 метров (при их современных расширенных рабочих полосах) в простых конструкциях

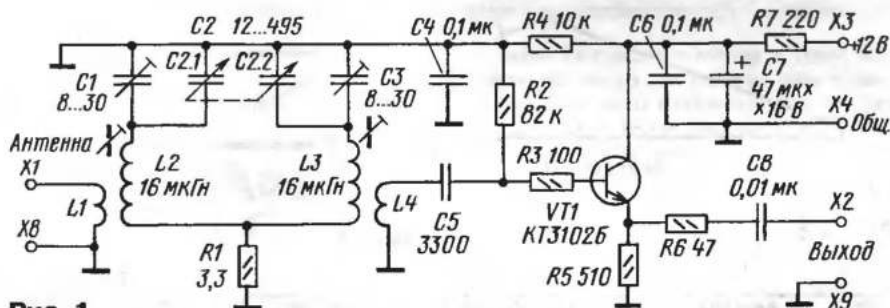


Рис. 1

трансиверов на основе ЭМФ при работе на прием не позволяют получить хорошие результаты. Более того, при работе на передачу в этом случае тоже не обойтись без дополнительной фильтрации, чтобы избежать высоких уровней внеполосных излучений. Применение трехконтурного ДПФ или/и увеличение частоты ПЧ до 5...9 МГц улучшает внеполосную избирательность на 20...30 дБ (до 40...60 дБ), но внутри полосы пропускания весь спектр мощных шумов и помех низкочастотных диапазонов шириной 200 кГц (или 380...400 кГц на диапазоне 80 метров) по-прежнему будет поступать на смеситель.

Разумеется, уровень входных сигналов можно понизить с помощью входных аттенуаторов, но при этом снизится и полезный сигнал, который на диапазонах 160 и 80 метров зачастую бывает на уровне шумов, а то и ниже.

Кардинально улучшить ситуацию позволяют узкополосные перестраи-

ваемые преселекторы. Такие решения широко применялись радиолюбителями в конструкциях приемников и трансиверов 50—80-х годов прошлого века. Даже с простыми по конструкции катушками с добротностью 70...100 они позволяли легко получить на диапазоне 160 метров полосу пропускания 25...35 кГц. Однако однодиапазонные конструкции с синхронной перестройкой входных и гетеродинных контуров для обеспечения хорошего сопряжения требуют и навыков, и наличия измерительных приборов, что вызывает определенные трудности при повторении подобных конструкций. В многодиапазонных вариантах к проблемам сопряжения добавляются еще и конструктивные. Из-за необходимости переключения большого числа контактов приходится применять многоплатный переключатель диапазонов. Конструкция преселектора получается громоздкой, сложной в изготовлении, не очень надежной в эксплуатации и требует поистине героических усилий при изготовлении и настройке аппарата. Более привлекательны с точки зрения простоты изготовления и настройки узкополосные преселекторы, перестраиваемые отдельной ручкой настройки. Такое решение на основе одного высокодобротного контура давно применяется известным конструктором трансиверов Я. С. Лаповком [5] и эффективно выполняет функции узкополосного преселектора и, заодно, частотозависимого аттенуатора.

Предлагаемая вашему вниманию конструкция двухконтурного узкополосного перестраиваемого преселектора отличается простотой в изготовлении и настройке и позволяет дополнительно улучшить избирательность по приему как существующих, так и строящихся приемников и трансиверов.

Особенностью предлагаемого решения является применение конденсатора переменной емкости от ламповых радиовещательных приемников. Они имеют большой коэффициент перекрытия по емкости, что позволяет без коммутации катушек получить перекрытие по частоте в четыре раза, захватив три низкочастотных любительских диапазона. Идея не нова и уже применялась в радиолюбительских разработках [6].

Принципиальная схема двухконтурного узкополосного перестраиваемого преселектора на любительские диапазоны 160, 80 и 40 метров приведена на рис. 1. Сигнал с антенны поступает по

коаксиальному кабелю (50 или 75 Ом) на контакт X1 и через катушку связи L1 на контур L2C2.1. Связь между контурами осуществляется нетрадиционно — через низкоомный резистор R1. Его номинал выбран таким образом, чтобы обеспечить постоянство коэффициента передачи во всем диапазоне перестройки по частоте. При этом полоса пропускания по уровню -3 дБ составила на диапазонах 160, 80 и 40 метров соответственно 34, 50 и 75 кГц. Конструктивно катушки нужно разместить по-другому друг от друга, чтобы минимизировать индуктивную связь между ними. Например, их можно расположить по разные стороны от КПЕ. К катушке связи контура L3C2.2 подключен через антипаразитный резистор R3 эмиттерный повторитель на транзисторе VT1, выполняющий функции высокоомного УВЧ (за счет трансформации сопротивлений в контуре) и обеспечивающий работу на низкоомную нагрузку — например, кольцевой смеситель на диодах или 50-омный вход основного ДПФ. Резистор R6 обеспечивает устойчивую работу каскада и согласование с коаксиальным кабелем большой длины, например, при выполнении преселектора в виде отдельной конструкции. Но при

в нем применена комбинированная связь между контурами — внутриемкостная через конденсатор C11 и внешнеемкостная за счет конструктивной емкости порядка $0,3...0,5$ пФ между двумя секциями статора КПЕ. Она условно обозначена на схеме как C16. Для увеличения коэффициента передачи применено полное включение контура, а транзистор используется полевой с большой крутизной, что обеспечивает хорошее согласование с нагрузкой $50...75$ Ом.

В результате при перестройке частоты от 10 до 30 МГц полоса пропускания практически линейно изменяется от 180 до 700 кГц, а коэффициент передачи по напряжению от 0,7 до 2,5 раза.

Диоды VD1—VD4 обеспечивают защиту затвора полевого транзистора от опасных уровней входного напряжения.

На реле K3 и резисторах R10, R11 и R12 собран аттенуатор с ослаблением 20 дБ, который включают подачей напряжения $+12$ В на контакт X5. Реле K1 и K2 производят коммутацию диапазонов. Нормально замкнутыми контактами подключены контуры диапазона $10...30$ МГц. Подача напряжения $+12$ В на контакт X6 подключает контуры диапазона $1,8...7$ МГц.

ностью 35 мкГн, предварительно отключив образцовый конденсатор емкостью 25330 пФ. Поочередно подключая обе секции в четырех-пяти положениях ротора КПЕ, измеряем частоту генерации, если отличие значений более 1%, то добиваемся необходимого сопряжения небольшим отгибанием или подгибанием крайних пластин соответствующей секции. Эта операция требует особого внимания и аккуратности.

Транзистор VT1 (см. рис. 1) может быть любым высокочастотным, желательнее маломощным с $F_{гр} > 250$ МГц, $h_{21e} > 100$, например, из серий КТ3102, КТ368, КТ316. В качестве транзистора VT1 (рис. 2) лучше всего использовать КП903 с любым буквенным индексом. При отсутствии последних можно применить КП302Б, КП302В, КП303Е, КП307Б, КП307Г, что приведет к небольшому снижению коэффициента передачи преселектора при работе на низкоомную нагрузку. Диоды VD1—VD6 могут быть любыми из серий КД503, КД510, КД521, КД522 и т. п. Катушки L2 и L3 выполнены в броневых магнитопроводах СБ-12а проводом ПЭЛШО 0,3 (возможно применение и другого провода — ПЭВ, ПЭЛ диаметром 0,2—0,35 мм) и содержат по 28 витков. Катушки L1 и L4 — 1 и 7 витков

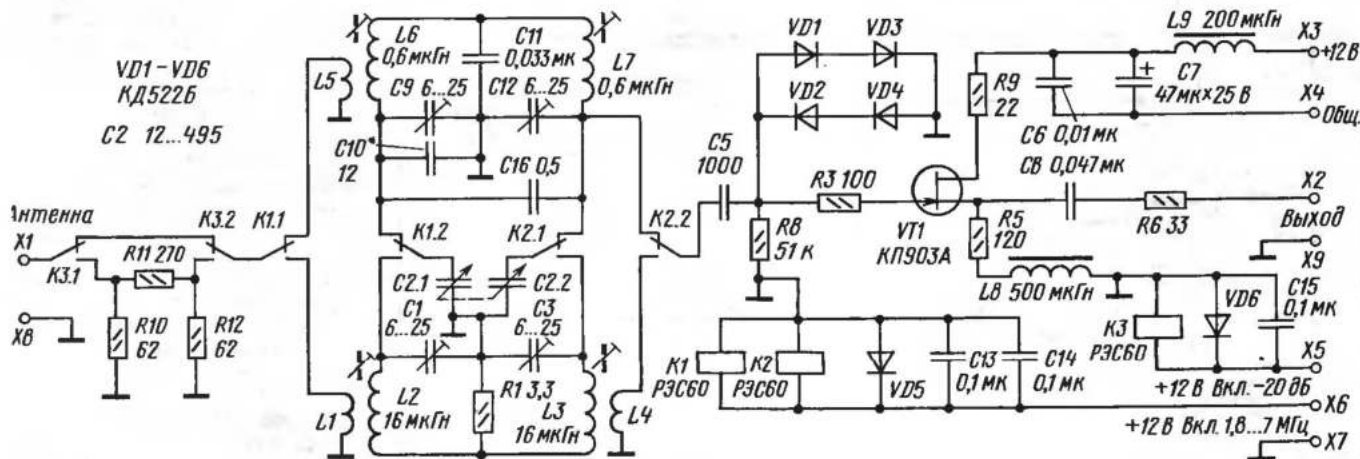


Рис. 2

этом он ослабляет сигнал в 2 раза. Общий коэффициент передачи преселектора по напряжению — $0,5...0,7$.

Если планируется размещение преселектора внутри корпуса приемника и кабель будет небольшой длины, то резистор R6 можно установить с меньшим номиналом или совсем исключить его.

Напряжение питания (9...15 В) должно быть хорошо стабилизированным. Ток потребления не превышает 10 мА.

Используя этот же принцип и добавив всего две катушки и два реле, можно получить всдиапазонный преселектор. Для работы в условиях больших сигналов имеет смысл ввести в него еще и отключаемый аттенуатор с ослаблением 20 дБ. Полная схема девятидиапазонного преселектора приведена на рис. 2.

Избирательные свойства преселектора в полосе частот $10...30$ МГц обеспечивает полосовой фильтр, выполненный на контурах L6C2.1, L7C2.2.

В качестве КПЕ можно применить двухсекционные конденсаторы переменной емкости с воздушным диэлектриком от ламповых радиовещательных приемников с перекрытием по емкости от $10...18$ пФ до $495...510$ пФ, например, КПЕ-1, КПЕ-2.

От качества этого конденсатора зависит успех в повторении конструкции.

Перед его установкой надо убедиться в отсутствии замыкания между пластинами ротора и статора, для чего удобно использовать "китайский" цифровой мультиметр в режиме "звуковой прозвонки". Кроме того, желательно проверить синхронность изменения емкости обеих секций при вращении ротора. Для этой проверки понадобится простейший генератор, собранный по любой известной схеме, в качестве контурной емкости которого включим наш КПЕ. Автор использовал генератор приставки для измерения индуктивности [7] со случайной катушкой индуктив-

ПЭЛШО 0,12 мм поверх соответственно L2 и L3. При необходимости подбором числа витков катушки L4 (от 5 до 10) можно изменить коэффициент передачи по напряжению в диапазоне $1,8...7$ МГц в пределах $0,7...2,5$ раза.

Катушки индуктивности L6 и L7 намотаны на каркасах контуров ПЧ от старых телевизоров диаметром 7,5 мм с подстроечниками СЦР-1 (М6×10) и с прямоугольными или круглыми экранами. Они содержат по 7 витков провода ПЭЛШО 0,3 (возможно применение и другого провода, см. выше) при длине намотки 6 мм, катушка L5 — один виток провода ПЭЛШО 0,3 поверх нижней части L6. После намотки катушек желательно измерить полученную индуктивность любым доступным способом, например, с помощью приставки [7].

Значения индуктивности должны соответствовать указанным на схеме при среднем положении подстроечника и с установленными экранами (для L6,

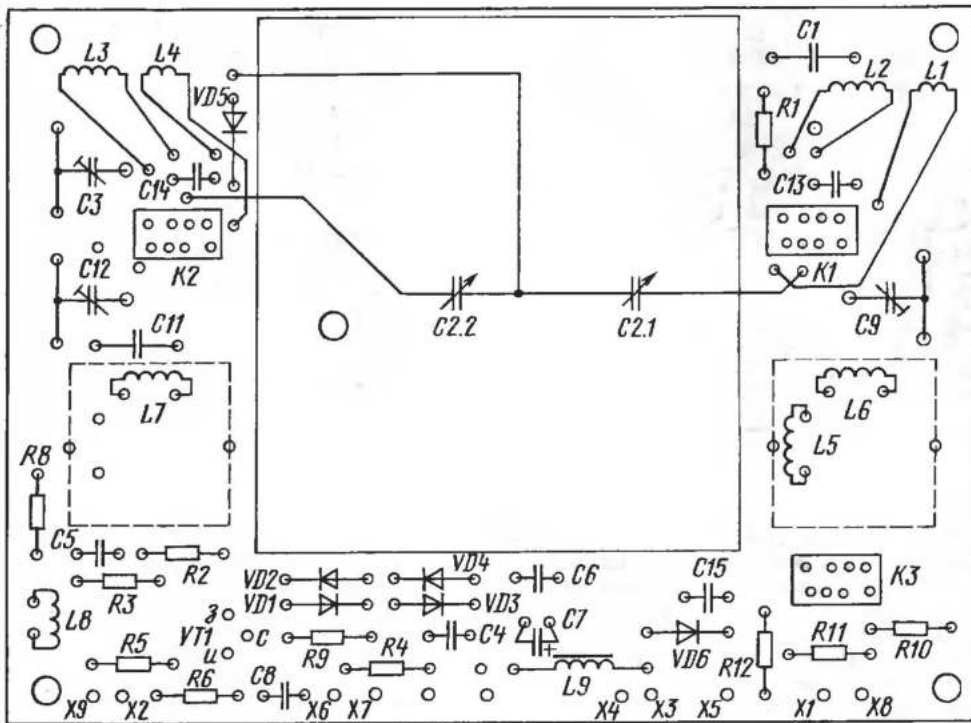
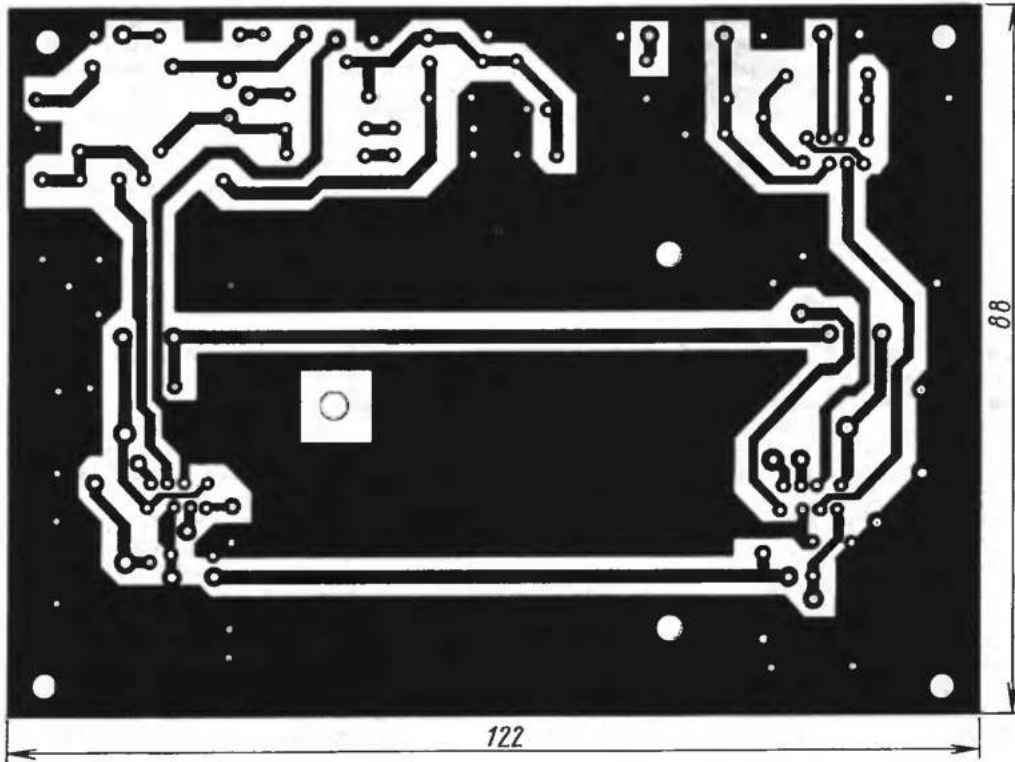


Рис. 3

L7). Дроссели L8 и L9 могут быть стандартными типа Д или ДМ, рассчитанными на ток не менее 100 мА. Для исключения возможных паразитных связей и наводок хотя бы L8 лучше намотать на ферритовом кольце диаметром 7—10 мм и проницаемостью 2000. Число витков, в зависимости от размера кольца, лежит в пределах 60—40. Реле применены с двумя группами переключающих контактов РЭС-60 паспорт РС4.569.437 с сопротивлением обмотки 800 Ом и напряжением срабатывания

9,5...10 В. Возможна замена реле из этой же серии с другими рабочими напряжениями с соответствующей корректировкой величины управляющих напряжений или реле других типов с таким же количеством переключающих контактов. Но в этом случае понадобится корректировка проводников на печатной плате.

Варианты преселектора рис. 1 и рис. 2 могут быть собраны на одной и той же односторонней печатной плате (рис. 3), для чего в схемах соблюдена

сквозная нумерация деталей. Естественно, устанавливаются только требуемые для конкретной схемы детали, а резистор R7 заменяет дроссель L9.

От принципиальной схемы рис. 2 у платы есть одно принципиальное отличие. Разводка проводников контактов реле K1 и K2 сделана так, что при подаче на контакт X6 происходит включение диапазона 10—30 МГц, а не диапазона 1,8—7 МГц, как показано на рис. 2.

Плата предполагает применение сдвоенного конденсатора переменной емкости, КПЕ-2, подстроечных конденсаторов КПК-1М, постоянных конденсаторов типа КМ, резисторов МЛТ, реле РЭС-60.

Место для дросселя L8 на печатной плате предусмотрено, но при использовании в приставке КП903 его можно заменить проволочной перемычкой.

Необходимость в конденсаторе C10 (он может и не понадобится при применении подстроечных конденсаторов с большими пределами перестройки или транзисторов серий КП303, КП307) определяется при настройке, и в этом случае он припаивается со стороны печатных проводников к выводам C9. Для удобства перестройки по частоте желательно оснастить КПЕ простейшей шкалой и верньером с небольшим замедлением, но можно просто использовать ручку большого диаметра.

Внешний вид преселектора показан на рис. 4.

После проверки правильности монтажа нужно проверить режимы работы транзисторов по постоянному току. Для схемы на рис. 1 напряжение на эмиттере транзистора VT1 может находиться в пределах 3...6 В. При необходимости подбирают резистор R2. Ток стока транзистора VT1 (для схемы на рис. 2) для КП903 может быть в пределах 30...70 мА, а для КП302, КП307 — в пределах 7...15 мА. Его устанавливают подбором резистора R5.

Настраивать преселектор можно по упрощенной методике. Подключите к антенному входу (вывод X1) антенну, а на выход — приемник, с которым планируется работа преселектора в дальнейшем. Настройте приемник на частоту 29,7 МГц. Подстроечники катушек должны быть в среднем положении. Установив ротор блока КПЕ в положение минимальной емкости, подстроечными конденсаторами добиваются резонанса, ориентируясь на резкое возрастание шума эфира. Если пределов перестройки подстроечных конденсаторов недостаточно, тогда им параллельно

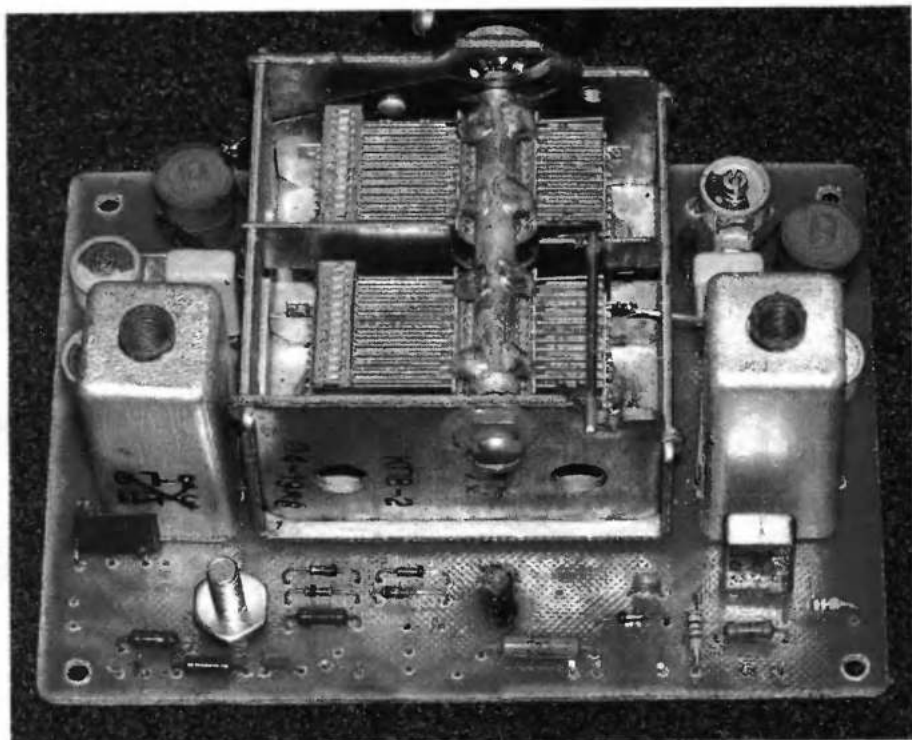


Рис. 4

подключают дополнительный конденсатор (в авторском варианте это С10) такой емкости, чтобы резонанс достигался при среднем положении подстроечника. Затем настройте приемник на частоту 10 МГц. Установите ротор блока КПЕ в положение максимальной емкости (в этом положении резонанс будет на частотах 9,1...9,3 МГц). Плавно вращая ротор КПЕ в сторону уменьшения емкости, найдите положение, при котором резко возрастает шум эфира. Отметьте это положение риску на шкале — это будет нижняя точка сопряжения контуров. Далее подстройкой индуктивности катушек добиваются настройки контуров резонанса по максимальному уровню шума эфира. Эти операции надо повторить два-три раза, добиваясь оптимальной настройки.

Затем переключите преселектор на диапазон 1,8—7 МГц подачей напряжения 12 В на вывод Х6. Настройте приемник на частоту 1810 кГц. Подстроечники катушек должны быть в среднем положении. Установив ротор блока КПЕ в положение максимальной емкости, подстройкой индуктивности катушек добиваются настройки контуров резонанса по максимальному уровню шума эфира. Затем переводят ротор блока КПЕ в положение минимальной емкости, а приемник настраивают на частоту 7100 кГц и подстроечными конденсаторами добиваются резонанса. Эти операции тоже надо повторить два-три раза, добиваясь оптимальной настройки. С помощью измерительных приборов (генератора ВЧ и пр.) настройку можно провести с более точным измерением характеристик, но только предварительную, при подключении реальной антенны нужно будет подстроить входной контур по описанной выше методике.

Что касается конкретного применения описанного преселектора, то, во-

первых, интересным, на мой взгляд, может быть использование в виде отдельной приставки или в составе приемника или трансивера до основных ДПФ в качестве преселектора—усилителя. Причем на НЧ диапазонах его основные функции — узкополосная преселекция и частотозависимый аттенуатор, а на ВЧ диапазонах — усиление (до 6...8 дБ на диапазоне 28 МГц) и дополнительная фильтрация по зеркальному и другим побочным каналам приема. В этом случае, если добавить реле обхода, появляется возможность оперативно управлять включением преселектора, в зависимости от обстановки в эфире, отдавая предпочтение либо повышению избирательности, либо чувствительности. Во-вторых, он может быть основным преселектором в несложном всдиапазонном приемнике коротковолновика—наблюдателя. Но об этом позже...

ЛИТЕРАТУРА

1. Степанов Б., Шульгин Г. Трансивер Радио-76. — Радио, 1976, № 6, с. 17; № 7, с. 19.
2. Степанов Б., Шульгин Г. Трансивер Радио-76М2. — Радио, 1983, № 20, с. 17; № 12, с. 16.
3. Степанов Б. Входной полосовой фильтр трансивера. — Радио, 2004, № 11, с. 66.
4. <http://www.qsl.net/dl2kq/soft/6-1.htm>.
5. Лаповок Я. Я строю новую КВ радиостанцию. — Радио, 1991, № 1—6.
6. Высокочастотный тракт трансивера. — КВ журнал, 1994, № 1, с. 23; 1995, № 2, с. 20.
7. Беленский С. Приставка для измерения индуктивности в практике радиолюбителя. — Радио, 2005, № 5, с. 26.

Редактор — С. Некрасов,
 графика — Ю. Андреев, фото — автора

НА ЛЮБИТЕЛЬСКИХ ДИАПАЗОНАХ

Дипломы

"Тамбовский волк". Чтобы получить этот диплом, необходимо набрать 50 очков за связи с радиостанциями Тамбовской области. Радиолюбителям, работающим на диапазонах 160 метров, достаточно набрать 20 очков, а на УКВ диапазонах — 10 очков. Связи с радиостанцией клуба "Квант" RK3RWT дают по 10 очков (допускаются повторные QSO с ней при работе из разных районов по списку диплома RDA — независимо от диапазона и вида излучения). Связи с членами радиоклуба "Квант" дают по 2 очка, а с остальными радиолюбителями — по 1 очку. Связи с радиостанцией UE3RST, работающей в дни слета радиолюбителей Тамбовской области, дают по 10 очков, а связи с радиостанциями с префиксами UE3R и RP3R — по 5 очков. Повторные QSO разрешаются на разных диапазонах и разными видами излучения. В зачет идут связи начиная с 1 января 2002 года.



Заявку составляют в виде выписки из аппаратного журнала и заверяют у двух радиолюбителей. Ее направляют по адресу: 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, д. 112-г, кв. 141, Путилину Юрию Владимировичу (RU3RN). Оплату диплома производят по этому же адресу. Стоимость диплома для соискателей из России — 1 у. в., из других стран СНГ — 2 у. в., из остальных стран — 5 у. в.

Наблюдателям диплом выдается на аналогичных основаниях.

Список членов клуба "Квант" на странице <http://rk3rwt.r3r.ru/glevkvant.htm>.

"Карелия". Дипломная программа состоит из собственно диплома (трех степеней), плакетки и кубка. Чтобы получить "бронзовый" диплом, надо установить связи с семью районами Карелии (по списку диплома RDA), "серебряный" — с четырнадцатью районами, "золотой" — со всеми районами (19 районов). Плакетка выдается за 40 радиосвязей с разными районами Карелии, а кубок — за 55 связей с разными районами. На плакетку и кубок повторных связей с одним и тем же районом засчитываются на разных диапазонах. Эти награды можно получить, только став обладателем дипломов всех степеней. В зачет на дипломную программу идут QSO, проведенные на любых диапазонах любым видом работы, начиная с 12 июня 1991 года. Дипломы выдают на основании выписки из аппаратного журнала, а заявки на плакетку и на кубок составляют только по QSL, которые получены от карельских радиолюбителей.

Заявки и оплату дипломов отправляют по адресу: 185026, Карелия, Петрозаводск, аб. ящ. 209, Синявину Виктору Валентиновичу. Стоимость диплома для российских соискателей — 100 руб., из других стран СНГ — 150 руб., из других стран — 8 новых IRC. Контактный адрес электронной почты age@karella.ru.

Обратная связь

На чертеже печатной платы ГПД в статье А. Темерева "Трансивер с кварцевым фильтром" ("Радио", 2002, № 4, с. 62, рис. 6) недостает печатного проводника, соединяющего контактную площадку вывода истока транзистора VT2 с расположенной рядом площадкой вывода резистора R12. Его можно сделать, припаяв между указанными площадками перемычку из провода минимальной длины.

В итоговой таблице соревнований "Старый Новый год — 2005", опубликованной в "Радио", 2005, № 6, с. 62, 63, допущена опечатка в позывном участника. В SSB подгруппе общего зачета позывной участника, занявшего 48-е место, следует читать как "RV3DPP".