



CQ-QRP

Издание Российского Клуба Радиооператоров Малой Мощности

#76 Осень 2021



Ретро. Ламповый CW передатчик от UY1IF

СОДЕРЖАНИЕ

Клубные новости — *Владислав Евстратов RX3ALL*
Однополосный приемник по схеме Вилларда — *Дмитрий Горох UR4MCK*
Ключевой диодный смеситель гетеродинного приемника —
Сергей Дылда US5QBR, Владимир Поляков RA3AAE
Ключевой смеситель гетеродинного приемника — *Владимир Поляков RA3AAE*
Мой путь в эфир — *Владимир Ульянов R3PAS*
Ламповый QRP передатчик — *Алексей Мартынецов UY1IF*
Лампа с катодной сеткой — *Василий Текин*
Полезное с приятным — *Виталий Тюрин UA3AJ0*
Новости науки. **Радио-Юмор**

Главный редактор — *Владимир Поляков RA3AAE*
Редколлегия: *Владислав Евстратов RX3ALL, Дмитрий Горох UR4MCK,*
Владислав Жигалов R2DNN, Михаил Паршиков RK3FW

Клубные новости

Владислав Евстратов RX3ALL

Здравствуйте, уважаемые читатели!

Заканчивается 2021-й год, насыщенный эфирными мероприятиями, традиционным Слётом на Оке, интересным и конструктивным общением на клубном форуме, очень активным обсуждением самодельной и промышленной аппаратуры. Впереди Новогодние и Рождественские праздники. По сложившейся традиции анонсируем эфирные мероприятия, которые будут проходить в зимние месяцы.

25 декабря состоится QRP констест-игра «[Сделай Сам](#)», целью которой является работа на самодельных трансиверах и активация в эфире всей имеющейся аппаратуры. Как и в прошлые годы, 26-го декабря собирается очень хороший коллектив радиолюбителей, которые будут работать в [RAEM](#) на механических ключах: простой вертикальный ключ, «пила», механический BUG. Если вы решите работать на механическом ключе, то перед началом соревнований сообщите об этом в теме «RAEM» на QRZ.RU.

3-го и 4-го января будет проходить «[Зимний Полевой День](#)». Этот посленовогодний полевой выход – отличная возможность выбраться на свежий воздух, встретиться с друзьями и одноклубниками в эфире, поднять себе настроение, а также проверить экипировку, аппаратуру и антенное хозяйство перед главным событием этой зимы – констест-игрой «[Мороз Красный Нос](#)». В наступающем году «Мороз» будет проходить 22-го января в два этапа 03:00 – 06:59 и 07:00 – 11:00 UTC. Это уникальное и увлекательное мероприятие привлекает всё больше радиолюбителей, желающих попробовать свои силы работой малой мощностью из полевых условий в зимний период. Напоминаем, что это не соревнование по выживанию, а увлекательная игра, от которой нужно получать только позитивные эмоции. И, чтобы они были таковыми, нужно уделить первостепенное внимание вашей экипировке, надёжности комплекта аппаратуры и антенного хозяйства. По традиции, приглашаем всех неравнодушных радиолюбителей принять участие в этой азартной радиоигре!

29-го января состоятся соревнования «[Союз Клубов](#)» и наш Клуб будет принимать в них участие. Как всегда, мы приглашаем всех стать членом нашей команды и достойно представить RU-QRP Клуб в эфире. В первый четверг февраля открывается зимний сезон «[Русской Охоты](#)» – одного из наших любимейших эфирных мероприятий, в котором принимают участие многие одноклубники.

Уважаемые читатели, дорогие друзья! В канун Нового Года и Рождества Христова, мы рады поздравить вас с наступающими светлыми праздниками! Желаем вам в Новом Году исполнения всех самых-самых заветных желаний! Желаем большого счастья и крепкого здоровья вам и вашим родным и близким! Желаем, чтобы в ваших сердцах всегда жила любовь!

С Новым Годом, с новым счастьем!

Однополосный приемник по схеме Вилларда

Дмитрий Горох UR4MCK

В журнале CQ-QRP #73 [1] была опубликована статья «Малоизвестный 4-й метод» об эволюции и применении метода Вилларда в аппаратуре прямого преобразования. Было показано, что даже в простом варианте модификации приемника с полифазером достигаются весьма хорошие характеристики. В этой статье мы рассмотрим практическую схему экспериментального приемника диапазона 80 м, на котором и проводились все указанные в той статье измерения.

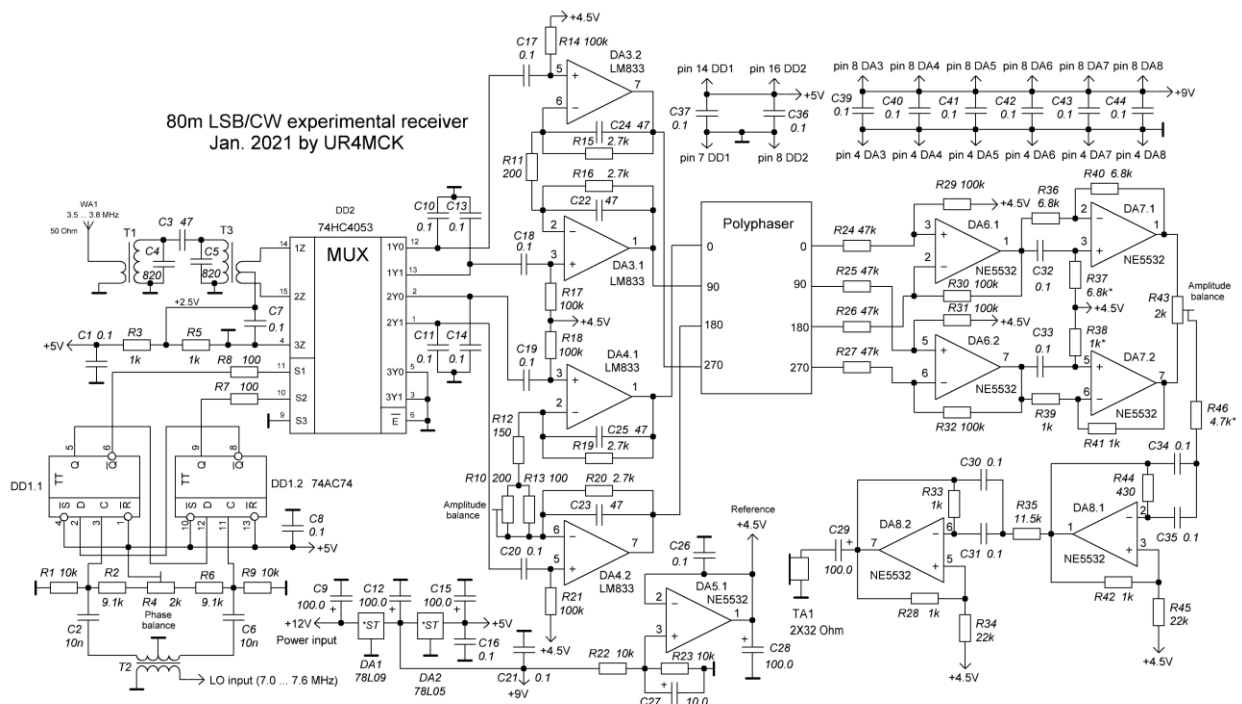


Рис. 1 Принципиальная схема приемника на 80 м

Схема приемника показана на рис.1. На 2/3 она повторяет типичную схему однополосного приемника прямого преобразования с полифазером. Различия начинаются после полифазера. Традиционно выходы полифазера 0° и 90°, а также 180° и 270° соединяют между собой, чтобы получился синфазный сигнал для рабочей полосы, и противофазный – для нерабочей (см. рис.6а в [1]). Но схема Вилларда отличается тем, что с выхода полифазера формируется тоже квадратурный сигнал (с уже подавленной нерабочей полосой) и затем он снова пропускается через еще один простой НЧ фазовращатель (см. рис.6б в [1]). Этим достигается дополнительная компенсация остатков неподавленной полосы.

Рассмотрим подробно **схему приемника**. С антенны WA1 сигнал поступает на полосовой фильтр диапазона 80 м, а затем в противофазе – на смеситель, который выполнен на мультиплекоре DD2. На элементах R3, R5, C7 собран формирователь «виртуальной земли» (+2.5 В) для смещения рабочей точки

мультиплексора на середину питающего напряжения. Мультиплексоры аналоговых сигналов с цифровым управлением теперь часто применяются в качестве смесителей, т.к. позволяют относительно просто получить хорошие характеристики: высокое подавление АМ, приличную развязку гетеродина и сигнала, высокий IP3. Микросхема 74HC4053 – не самый лучший кандидат для этого, однако очень удобна для экспериментирования на макете. Этот приемник не имеет своего гетеродина. В эксперименте им был внешний генератор частот, сигнал с которого через симметричный трансформатор T2 подавался на счетные входы делителей на триггерах DD1.1, DD1.2, которые формируют квадратуру для смесителя. Резисторы R1, R2, R4, R6, R9 служат для задания смещения на входах триггеров и с помощью многооборотного резистора R4 дают возможность точной балансировки по фазе. С выхода смесителя 4 НЧ сигнала с относительными фазами 0°, 90°, 180° и 270° выделяются на интегрирующих конденсаторах C10, C11, C13, C14 и через развязку C17-C20 поступают на неинвертирующие входы 4-х малощумящих ОУ DA3.1, DA3.2, DA4.1, DA4.2 с коэффициентом усиления около 30 дБ. Усилители включены дифференциальными парами для сигналов 0°, 90° и 180°, 270°. Многооборотным резистором R10 обеспечивается регулировка амплитудного баланса. Конденсаторы C22-C25 в цепи

обратной связи необходимы для предотвращения самовозбуждения. С выхода ОУ система из 4-х усиленных квадратурных сигналов поступает на вход полифазера 3-го порядка. Его схема была опубликована на рис. 7 в [1] и дублируется здесь на рис. 2 для удобства.

Конструкция полифазера ничем не отличается от других: тут также крайне желателен подбор по близким номиналам четверок резисторов и конденсаторов в каждом из 3-х звеньев, а диэлектрик конденсаторов

обязательно должен иметь нулевой ТКЕ (NP0, C0G). В этой конструкции применялись SMD конденсаторы типоразмера 1206 с диэлектриком NP0 от фирмы Murata.

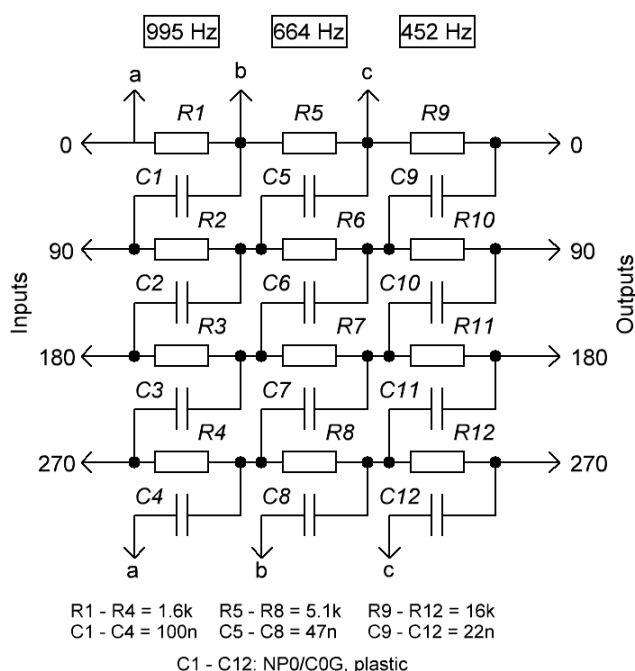


Рис.2 Схема полифазера для СВ приемника

Для реализации схемы Вилларда на выходе полифазера сигналы с фазами 0°, 180° и 90°, 270° нужно попарно вычесть, чтобы получить в итоге две фазы: 0° и 90°. Это выполняет ОУ DA6, цепи которого подобраны так, чтобы обеспечить относительно высокое входное сопротивление (чтобы не нагружать полифазер) и иметь небольшой коэффициент усиления (для компенсации потерь в полифазере). С выходов 1 DA6.1 и 7 DA6.2 квадратурный сигнал поступает на

простой НЧ фазовращатель 2-го порядка на ОУ DA7.1, DA7.2. В нем выполняется последний поворот фаз так, что рабочая полоса (LSB) выделяется и усиливается, а нерабочая (USB, уже значительно подавленная в полифазере) – дополнительно подавляется с компенсацией амплитудных и фазовых дисбалансов. Звенья этого фазовращателя рассчитаны так, чтобы две точки его «бесконечного подавления» находились внутри рабочей полосы полифазера (ближе к ее краям). На резисторе R43 происходит сложение сигналов и вторая амплитудная балансировка. Далее, выделенный однополосный НЧ сигнал поступает на телеграфный фильтр 4-го порядка на ОУ DA8.1, DA8.2, выполненного по схеме Multiple-feedback с усилением. С выхода фильтра сигнал поступает на наушники ТА1 сопротивлением 2x32 Ом (левый и правый каналы включены параллельно).

АЧХ полифазера и всего приемника вместе с фильтром приводились на рис. 8 в [1]. Очевидно явное преимущество схемы Вилларда перед традиционной полифазной схемой, а именно – в улучшении подавления (более 70 дБ!) нерабочей полосы и значительному ее расширению, что даже телеграфный приемник (300-1000 Гц) стал способен (с подавлением не хуже 50 дБ) принимать сигналы в телефонной полосе (100-3000 Гц).

В заключение описания схемы осталось указать, что на элементах DA1, DA2 и DA5.1 реализованы: стабилизаторы напряжения для питания цифровой части (+5 В), для питания ОУ (+9 В) и формирователь опорного напряжения (+4.5 В) – «виртуальной земли» для ОУ.

Детали. Катушки Т1, Т3 намотаны на тороидальных сердечниках Т37-2 и содержат по 23 витка основной обмотки и 7 витков (Т1) и 2 x 7 витков (Т3) обмотки связи. Отвод во вторичной обмотке Т3 сделан посередине, а сама эта обмотка выполнена симметрично: два провода наматываются вместе (7 витков), а затем конец одного соединяется с началом другого, образуя средний вывод. ВЧ трансформатор Т2 также имеет вторичную симметричную обмотку по аналогии с Т3 и намотан на миниатюрном сердечнике типа «бинокль» (вместо него можно использовать любое ферритовое кольцо с проницаемостью 1000-500). Число витков подбирается экспериментально по наилучшему коэффициенту передачи. Вместо мультиплексора DD2 можно применить другие аналогичные, с как можно меньшим временем переключения и с питанием от 5 В. Возможен вариант и 3 В питания, что потребует адаптации делителей и схемы смещения. Триггеры DD1 следует выбирать быстродействующие серии АС, VHC или аналогичные. Их выводы питания должны быть обязательно *вблизи* зашунтированы конденсатором С8. Подстроечные резисторы R4, R10, R46 – обязательно многооборотные, для точной подстройки амплитудного и фазового балансов. Номиналы резисторов со звездочкой на схеме подбираются при наладке. Конденсаторы С10, С11, С13, С14, С17-С20, С22-С25, С30-С35, а *особенно* все конденсаторы в полифазере – обязательно должны быть хорошего качества и с диэлектриком NP0 или C0G. От этого зависит стабильность параметров приемника. Вместо ОУ LM833, NE5532 можно применить другие малошумящие. Предпочтение нужно отдавать тем, которые обладают наименьшим уровнем шумов и гармоник. В приемнике с высоким подавлением уже доминируют не столько остатки неподавленной

полосы, сколько гармоник НЧ сигналов, формирующиеся в ОУ. Поэтому важно применять качественные детали.

Настройка. Для настройки потребуется внешний двухканальный генератор частот (он же будет являться и гетеродином при эксплуатации), а также осциллограф и (желательно) компьютер со звуковой картой и программой анализа звука (например, SDR программа gQRX [2]). Проверив монтаж, подают питание +12 В на приемник. Проверяют указанные на схеме напряжения по цепям питания и смещения. Затем на генераторе выставляют частоту 7.2 МГц, пиковую амплитуду 2-4 В и подают на первичную обмотку Т2. Движок R4 устанавливают в среднее положение. На выводах 11, 10 DD2 осциллографом наблюдают прямоугольные квадратурные сигналы на половинной частоте гетеродина (3.6 МГц). На другом канале генератора (либо на втором генераторе) выставляют частоту на 300-1000 Гц выше принимаемой частоты (например, 3.6006 МГц) амплитудой 0.1 – 1 В и подключают вместо антенны WA1. На выходе смесителя (конденсаторы C10, C11, C13, C14) осциллографом контролируют наличие демодулированного НЧ сигнала. На двух каналах (X и Y) осциллографа устанавливают одинаковое усиление и подключают к выходам смесителя. На квадратурных парах (0°, 90° и 180°, 270°) на экране должна рисоваться окружность, а на противофазных парах (0°, 180° и 90°, 270°) должна рисоваться линия, наклоненная влево под углом 45°. Перестраивая генератор входного сигнала (либо сам гетеродин), контролируют сохранение формы окружности и наклонной линии во всей полосе +/- 3 кГц от центральной частоты (частоты нулевых биений). Затем уменьшают амплитуду входного сигнала, подключают входы осциллографа к выходам ОУ DA3, DA4 и повторяют наблюдение окружностей и наклонных линий. Резисторами R4 и R10 подстраивают фазовый и амплитудный баланс так, чтобы на экране осциллографа формы сохранялись как можно в более широкой полосе. Следующая проверка производится на выходе полифазера: на генераторе входного сигнала выставляется частота ниже центральной (т.к. в этом приемнике выделяется LSB – нижняя боковая полоса) и в полосе 100–3000 Гц наблюдаются все те же окружности и наклонные линии. Затем генератор перестраивается выше центральной частоты, а размеры окружностей и линий должны резко уменьшиться. Это наблюдается подавленная верхняя боковая полоса (USB). Увеличивают усиление осциллографа, чтобы лучше разглядеть точки «бесконечного подавления» и точки, где подавление минимально. Ориентировочные значения можно получить из АЧХ (синяя линия) на рис.8 в [1]. На этом этапе, регулируя балансировку, нужно добиться явного появления точек «бесконечного подавления», частоты которых указаны на рис.2. Только после этого переходят к проверке последнего фазовращателя. На выходах 1 DA6.1 и 7 DA6.2 для LSB сигнала должна наблюдаться квадратура большой амплитуды, а для USB сигнала – квадратура с противоположными (по сравнению с LSB) фазами очень низкой амплитуды. Это результат работы полифазера. На выходах 1 DA7.1 и 7 DA7.2 для LSB сигнала на экране осциллографа должна наблюдаться наклоненная вправо линия большой амплитуды (сигналы в фазе), а для USB – маленькая линия с наклоном влево (остаток подавленного сигнала). Затем, установив на осциллографе обычную линейную во времени развертку, и

подключив вход Y к движку резистора R43, наблюдают работу выделения LSB-сигнала и значительного подавления USB сигнала. Вращая движок R43, а также R4, R10, добиваются наилучшей балансировки во всем рабочем диапазоне. В заключении проверяют АЧХ всего приемника, подключившись осциллографом к выходу фильтра (на наушники). При правильной регулировке в полосе 300-1000 Гц подавление USB должно быть не менее 70 дБ, а в полосе 100-3000 кГц – не менее 50 дБ. Для упрощения регулировки и измерения столь малых величин подавленного сигнала, очень удобно использовать компьютер со звуковой платой и какую-либо программу анализатора спектра (например, [2]).

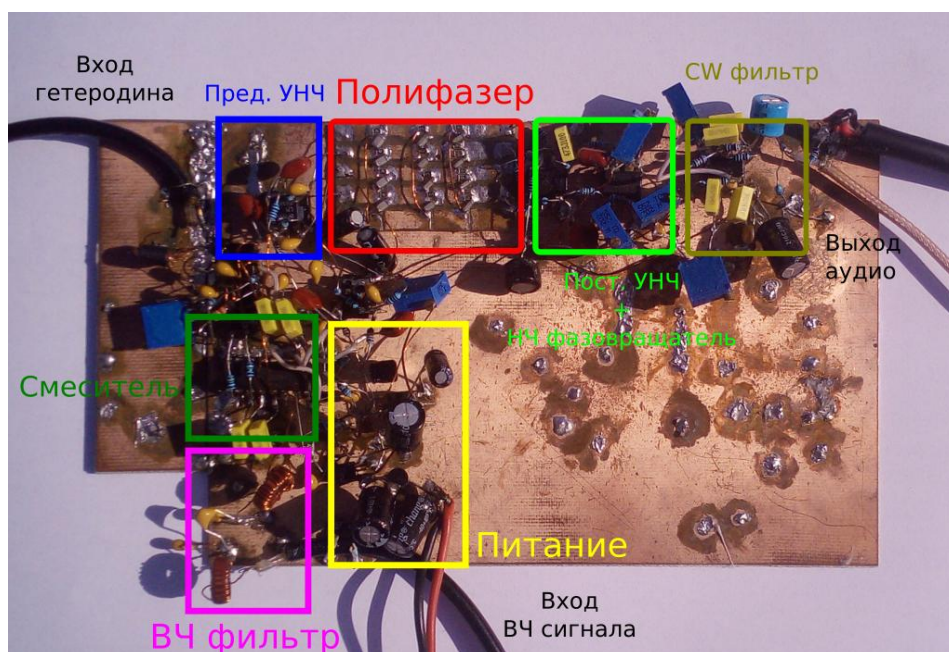


Рис. 3 Макет приемника

Экспериментальный приемник на макете из куска фольгированного стеклотекстолита был собран навесным монтажом. Фотография представлена на рис. 3, где выделены и подписаны основные части приемника. Если даже на таком «страшном» макете получились хорошие характеристики, то можно ожидать, что на правильно разведенной печатной плате и с качественными компонентами результаты будут еще лучше!

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: Если во времена изобретения схемы Вилларда, реализация ее на радиолампах была чрезмерно громоздкой, то в наше время эта схема может получить второе рождение и улучшить параметры трансиверов прямого преобразования, многие из которых уже содержат в своих схемах полифазеры. Как было обозначено в статье [1], схема Вилларда может применяться и в других модификациях. Отдельный интерес представляет ее цифровая реализация в DSP приемниках.

ССЫЛКИ:

1. CQ-QRP #73, <http://qrp.ru/cqqrp-magazine/1590>
2. gQRX SDR software, <https://gqrx.dk>

Ключевой диодный смеситель гетеродинного приемника

Сергей Дылда, US5QBR

Владимир Поляков, RA3AAE

Появлением на свет эта статья обязана форуму на сайте CQHAM.RU, где уже более года обсуждаются разные аспекты техники прямого преобразования. Сергей US5QBR, неутомимый экспериментатор, не оставлял мысли получить от диодных смесителей максимально возможные параметры, сравнимые с аналогичными, достигаемыми на гораздо более дорогих и не всегда доступных ключевых МС с полевыми транзисторами.

Испытанный им, и показавший неплохие результаты ключевой смеситель на двух диодах, о котором он сообщил в форуме, навел RA3AAE на мысль сделать смеситель более симметричным, чтобы сигнал гетеродина не "пролезал" на вход. Для этого понадобилась еще пара диодов. Обе пары подключены к прямому и инверсному выходам логической МС, формирующей меандр гетеродинного сигнала (рис.1).

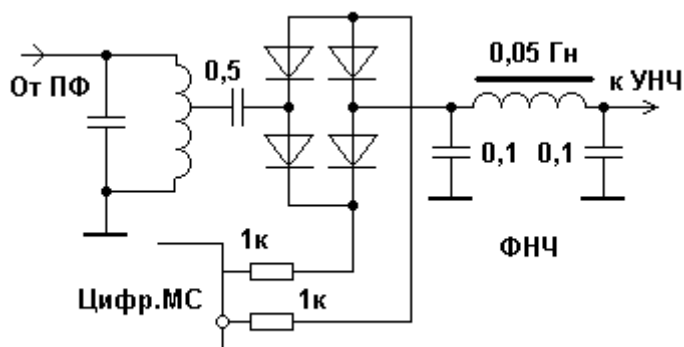


Рис. 1

Гетеродин работает на основной частоте, равной частоте сигнала. Когда диоды открыты, на них оказывается примерно половина напряжения питания, и полуволна сигнала проходит к ФНЧ и далее к УНЧ. Когда диоды закрыты, следующая полуволна сигнала не проходит, но на входе УНЧ сохраняется половина напряжения питания, которую "запомнили" конденсаторы ФНЧ. Неинвертирующий вход ОУ, следовательно, можно подключить без разделительного конденсатора. Все емкости на схеме даны в микрофарадах.

Можно сделать и полностью балансный смеситель, если еще один такой же, на четырех диодах, подключить к тому же входу, но гетеродин подать в противофазе от той же МС. Выход второго четырехдиодного смесителя следует подать на инвертирующий вход ОУ. US5QBR, проводя испытания смесителя, сделал сразу именно такой балансный вариант (рис. 2).

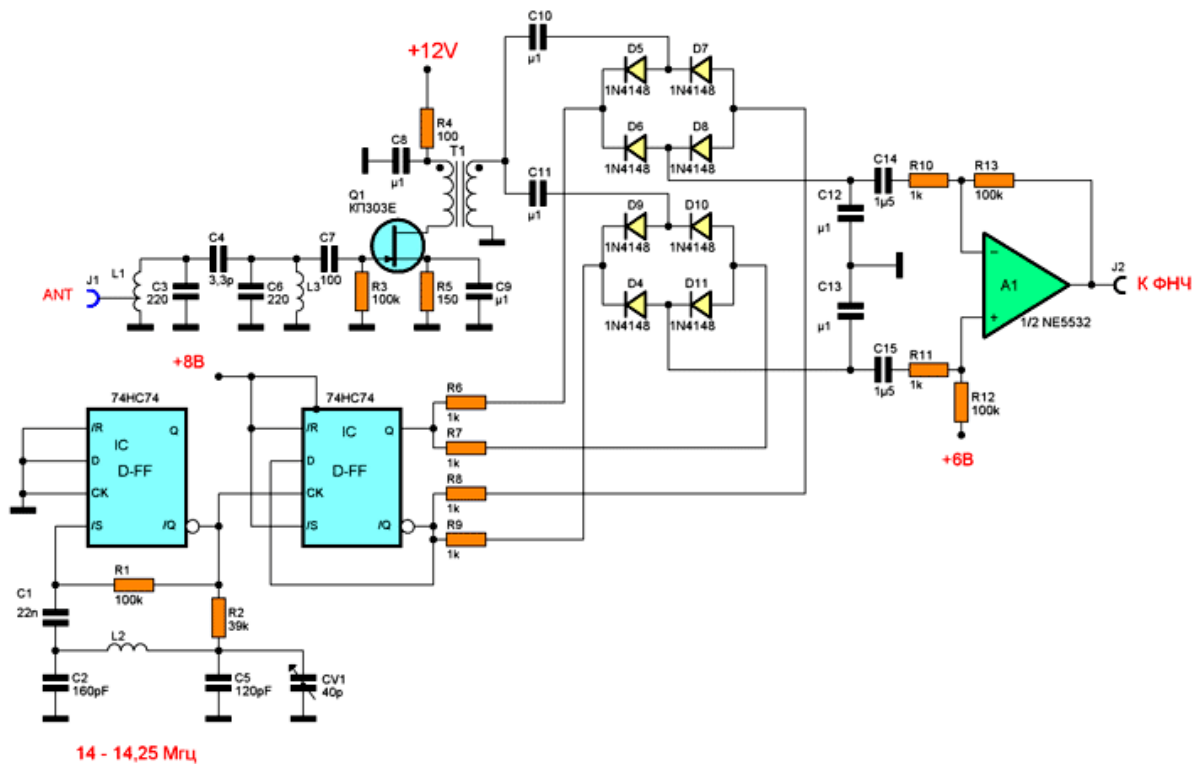


Рис. 2

Сигнал от антенны поступает на двухконтурный неперестраиваемый входной полосовой фильтр L1L3C3C4C6 и далее на УРЧ, выполненный на полевом транзисторе КП303Е. Собственно, для повышения чувствительности приемника УРЧ не нужен, в диапазоне 7 МГц она и так достаточна. УРЧ лишь улучшает работу входного полосового фильтра благодаря своему высокому входному сопротивлению и обеспечивает практически полную "развязку" антенны от проникновения в нее гетеродинного сигнала. Главная же цель применения УРЧ состояла в проверке реальной динамики ключевого диодного смесителя. Если от УРЧ отказаться, то точку соединения конденсаторов С10 и С11 следует подключить к отводу катушки полосового фильтра L3. Положение отвода подбирают до получения максимальной чувствительности при достаточной селективности входного фильтра; оно не критично. ВЧ трансформатор Т1 в этом случае не нужен. ГПД собран на D-триггере. Использовано его свойство «инвертора» от входа S до выхода /Q. А если у нас есть инвертор, легко построить и генератор! Частотодающая цепь, т. е. контур ГПД, образован элементами L2C2C5CV1. Последний элемент, КПЕ, служит для настройки. Рабочий диапазон генератора 14...14,25 МГц. После деления частоты вторым триггером ИМС 74НС74 получаем нужную частоту для смесителя, т. е. 7...7,125 МГц. Форма сигнала – меандр.

Смеситель состоит из двух четырехдиодных ключей (как на рис. 1), управляемых противофазно. Кроме прочего, это обеспечивает и одинаковую нагрузку на триггер при обоих полупериодах гетеродинного сигнала. На выходах ключей установлены фильтрующие конденсаторы значительной емкости С12 и С13, срезающие ВЧ компоненты и оставляющие лишь звуковые частоты ниже 3 кГц. Ключи смесителя

нагружены на дифференциальные входы ОУ NE5532, служащего предварительным УНЧ. С его выхода НЧ сигнал поступает далее на основной ФНЧ приемника. Усиление ОУ выбирают резисторами R12 и R13, оно примерно равно их номиналу в килоомах.

Данная входная часть гетеродинного приемника использовалась в качестве экспериментального образца у US5QBR и показала прекрасные результаты. Несмотря на большую антенну (луч длиной около 40 м), развивающую значительное напряжение помех на входе приемника, наблюдалось полное отсутствие прямого детектирования мощных АМ станций, работающих на частотах 7,1...7,3 МГц, т. е. совсем рядом с любительским диапазоном. Отмечено также отсутствие фона 50 Гц, высокая чувствительность и низкий уровень собственного шума приемника.

ВЧ напряжение от ГПД измеренное на соединенных вместе выводах конденсаторов С10 и С11, практически отсутствовало. Его не удалось зафиксировать осциллографом С1-107. В течение нескольких дней данный смеситель проверялся в разное время суток при работе в диапазоне 7 МГц. По субъективной оценке, ключевой диодный смеситель работает не хуже, чем ключевые смесители на цифровых ИМС 74НС4066, 74НС4053, 74НС4052.

Для желающих повторить конструкцию, приводим данные катушек L1, L2 и L3 для диапазона 7 МГц. Они имеют по 14 витков провода ПЭВ-2 0,35 на каркасе диаметром 7,5 мм с подстроечником СЦР-1. Отвод у катушки L1 сделан от 2...3 витков снизу. Трансформатор Т1 намотан на кольце К10х6х4 из феррита 1000НН или 1500 НН двумя слегка свитыми проводами ПЭЛШО 0,12. Число витков 10...15.

При правильном монтаже устройство начинает работать сразу. Подстраивают только входной полосовой фильтр по максимальной громкости приема станций диапазона 7 МГц. Контур ГПД настраивают на перекрытие частот 14-14,25 МГц известными способами. <http://www.cqham.ru/kds.htm>

Прим. Ред. Публикация этой статьи 15-летней давности, а также следующей ниже статьи, вызвана возросшим в последние годы интересом к ключевым смесителям и технике прямого преобразования вообще. Дело в том, что эти статьи оказались уже «закопанными» в массе информации, лежащей на [cqham](http://www.cqham.ru), и схемотехнические решения, заложенные в них, мало используются радиолюбителями. Тем не менее, ключевые смесители обладают двумя несомненными достоинствами: высоким коэффициентом передачи сигнала, близким к единице, и большим динамическим диапазоном, т. е. способностью подавлять АМ,

Заодно ответим на вопросы, заданные в обсуждении. Диодный ключевой смеситель может работать и при синусоидальном напряжении гетеродина. Его удобно подать через ВЧ трансформатор с изолированной вторичной обмоткой. Ее выводы соединяют с гетеродинными входами смесителя и резисторы по 1 кОм можно не устанавливать. ВЧ трансформатор на выходе УРЧ нужен по главной причине – его вторичная обмотка замыкает вход смесителя на землю по низкой частоте. Иначе НЧ шум УРЧ и помехи шли бы через смеситель в УНЧ приемника. В течении двух лет полемика не утихала, и была написана следующая статья.

Ключевой смеситель гетеродинного приемника

Владимир Поляков, РАЗААЕ

Написать эту статью побудила дискуссия, развернувшаяся на форуме sqham.ru в теме "Современный трансивер прямого преобразования", стр.120 и далее. Темой дискуссии было обнаружение С. Беленецким (US5MSQ) высоких селективных свойств УРЧ, нагруженного на ключевой четырехфазный, пассивный смеситель. Меня пригласили на форум, чтобы дать пояснения, что я и сделал.

Вкратце они сводились к тому, что явление это давно известно, относится оно не к УРЧ, а к смесителю, и объясняется обратным преобразованием сигнала с НЧ (ПЧ) на высокую частоту. При этом смеситель со стороны входа проявляет свойства узкополосного синхронного фильтра [1].

Выяснилось, что для многих участников форума это было открытием, и возникла необходимость в более детальных пояснениях. Казалось, для статьи было достаточно собрать нужные ответы и расположить их по порядку. На деле получилось иначе – понадобился более серьезный анализ процессов в смесителе.

Элементарная база гетеродинных приемников (прямого преобразования) радикально изменилась. Теперь есть быстродействующие КМОП ключи с весьма малым сопротивлением в открытом состоянии (единицы-десятки Ом), весьма большим – в закрытом (многие мегаомы), и с исключительно малым проникновением гетеродинного (управляющего) напряжения в цепь сигнала. Это позволяет говорить об "идеальных" ключевых элементах, практически не вносящих потерь. Действительно, ни на "нулевом", ни на бесконечно большом сопротивлении мощность не рассеивается, поскольку в первом случае отсутствует напряжение на выводах ключа $U_{кл}$, во втором – отсутствует ток через ключ $I_{кл}$. А рассеиваемая на ключе мощность равна произведению $U_{кл} \cdot I_{кл}$. Сам же процесс переключения короток, особенно при управлении ключом прямоугольным напряжением от быстродействующей цифровой логики.

Элементарный анализ ключевого смесителя. Сначала рассмотрим простейший однофазный ключевой смеситель (рис. 1), работающий от источника сигнала с напряжением $U_m \cos \omega t$.

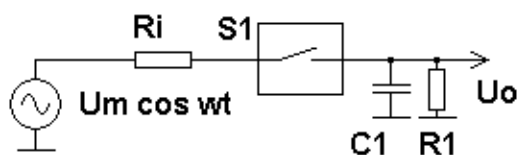


Рис. 1

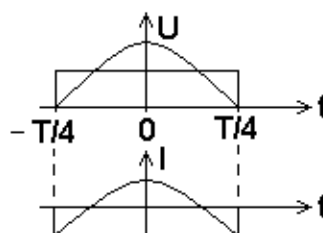


Рис. 2

Пусть ключ S1 замкнут в течение положительной полуволны сигнала, а в течение отрицательной – разомкнут (рис. 2). Ток от источника, проходящий через ключ, легко найти:

$$I_{\text{кл}} = (U_m \cos \omega t - U_0)/R_i, \quad -\pi/2 < \omega t < \pi/2. \quad (1)$$

Только в самом начале процесса, когда конденсатор C1 фильтра (ФНЧ) еще не заряжен, и $U_0 = 0$, ток имеет форму синусоидальных полуволн, затем конденсатор накапливает заряд, появляется синхронно выпрямленное напряжение U_0 , и в установившемся режиме ток через ключ приобретает характер разнополярных импульсов — вначале конденсатор разряжается через ключ, резистор R_i и генератор, затем заряжается на вершине полуволны генератора, в конце снова разряжается!

Одновременно идет и равномерная разрядка постоянным током через нагрузку R_1 . В установившемся режиме интеграл от суммы токов заряда и разряда по времени должен обратиться в нуль — это означает, что переходные процессы закончились, и конденсатор перестал накапливать или расходовать заряд. Вычисление интегралов позволило найти постоянное напряжение на выходе смесителя U_0 :

$$U_0 = (2/\pi) U_m R_1/(2R_i + R_1). \quad (2)$$

В случае двухфазного (балансного) смесителя (рис. 3) на отрицательных полупериодах сигнала замыкается второй ключ S2, и на нагрузке R_2 выделяется такое же, но отрицательное напряжение $-U_0$. Форма тока, потребляемого от источника, и проходящего через R_i , становится еще интереснее (рис. 4). Однако, это всего лишь разность синусоидального и прямоугольного токов, см. ф-лу (1). Резкие броски тока означают генерацию гармоник сигнала с частотами 3ω , 5ω , 7ω ... и т.д. Четных гармоник нет, поскольку кривая в некотором роде симметрична относительно горизонтальной оси (каждая полуволна — зеркальное отражение предыдущей).

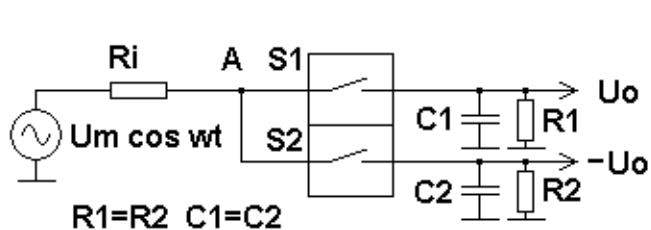


Рис. 3

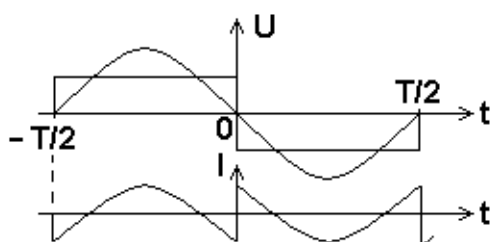


Рис. 4

Привычнее выглядит форма напряжения сигнала в точке A на входе ключей. Она прямоугольная (верхний график на рис. 4). Хорошо известно, что сигнал такой формы содержит основную частоту и бесконечный ряд нечетных гармоник с амплитудами, обратно пропорциональными их номеру.

Так что же делать с этим смесителем и как его согласовывать? Резкие броски тока обусловлены наличием фильтрующих конденсаторов C_1 и C_2 (рис. 3),

напряжение на которых, ввиду большой емкости, не успевает заметно измениться за полпериода ВЧ. Броски тока через ключи нам совсем не нужны, более того, очень вредны – они бесполезно нагружают ключи, повышают их шум и приводят к бесполезным тратам энергии сигнала. Из формулы (1) следует, что ток через ключ особенно велик при малом R_i . Следовательно, смеситель нельзя подключать к источнику напряжения с малым R_i . Недопустимо также перекрытие во времени замкнутого состояния двух ключей – это приведет к замыканию конденсаторов C_1 и C_2 через малое сопротивление двух ключей и к огромным броскам тока, поскольку напряжения на конденсаторах разные.

Токовое питание ключей. Итак, приходим к выводу, что ключевой смеситель надо питать от генератора тока, у которого большое R_i . Но при этом падает коэффициент передачи по напряжению $K_u = U_o/U_m$, в соответствии с ф-лой (2). Это верно, но лишь в случае, когда R_i — реальное активное сопротивление.

Но даже если и так, мы можем увеличивать и сопротивление нагрузок R_1 и R_2 , чтобы предотвратить падение K_u . Значит, и нагрузка смесителя (входное сопротивление УНЧ) должна быть высокоомной. А о согласовании придется забыть – как увидим, входное сопротивление смесителя очень сильно изменяется в зависимости от частоты.

Польза от повышения сопротивлений источника и нагрузки была замечена еще в 1978 году, при постройке "приемника для космической связи" [2]. Кстати, в этом году разработке исполняется 30 лет. Тогда Л. М. Лабутин (UA3CR) попросил меня сделать карманный батарейный приемник на 29,4 МГц, чтобы перед стартом на космодроме проконтролировать работу бортового маяка первого нашего любительского ИСЗ. Я основательно поэкспериментировал и отличный результат получился, когда увеличил входное сопротивление УНЧ, соответственно, сопротивление ФНЧ, а на входе смесителя поставил контур УРЧ тоже с довольно большим сопротивлением, которое можно было подобрать отводом катушки. Чувствительность резко возросла, у приемника как бы "открылись глаза" в эфир, и он стал принимать уже летающих американских "Оскаров" с орбиты на простую проволочную четвертьволновую антенну, повешенную на окно.

Смеситель на встречно-параллельных диодах этого приемника с большой натяжкой можно назвать ключевым, тем более что гетеродинное напряжение из-за шума диодов приходилось выбирать минимально возможным. При этом диоды имели значительное прямое сопротивление и эффект дополнительной селективности за счет синхронной фильтрации был замечен гораздо меньше, чем эффект повышения коэффициента передачи при увеличении сопротивлений.

К идее токового питания также давно пришли разработчики микросхем смесителей K174ПС1, K174ПС4, SA612 и т. д. Их внутренняя структура хорошо известна. При правильном включении сигнал подают на пару "нижних" транзисторов, служащих генераторами тока для четверки "верхних" транзисторов, коммутируемых гетеродином. Однако, эти смесители активные, и не обратимы.

В случае активного генератора тока (например, лампа, полевой транзистор) его можно характеризовать крутизной преобразования S , мА/В (входного напряжения

в ток). Вспомните учебники по радиотехнике – внутреннее сопротивление этих элементов достигает нескольких мегаом, особенно у пентодов, двухзатворных полевых транзисторов и каскодных усилителей. Амплитуду сигнала на эквивалентной схеме определяют как $U_m = U_{вх} \cdot m$, где $m = S \cdot R_i$.

Генератор тока создает синусоидальный ток сигнала через ключи с амплитудой $S \cdot U_{вх}$. Необходимо только применение двухфазного (балансного) или многофазного смесителя, управление которым организовано так, чтобы в каждый момент времени был замкнут один и только один ключ. Расчет K_u для смесителя с генератором тока прост: заряд на конденсаторах C_1 и C_2 (рис. 3) пропорционален интегралу от тока сигнала, т. е. среднему значению тока за период. Напряжение на выходе получается умножением этого среднего значения на сопротивление нагрузки:

$$U_o = (2/\pi n) \cdot S \cdot R_1 \cdot U_{вх}, \text{ где } n \text{ – число фаз смесителя. (3)}$$

Фазовая и частотная селективность ключевого смесителя. Интересно посмотреть, что получится в точке А, т.е. на входе ключей (рис. 3), при расстройке гетеродина относительно частоты сигнала на Δf . Если расстройка невелика и разностная частота Δf меньше частоты среза F_c интегрирующих цепочек на выходе ключей, $\Delta f < F_c = 1/2\pi R_1 C_1$, то фаза сигнала будет медленно изменяться относительно фазы коммутации ключей. При сдвиге фаз 90° выходное напряжение U_o обращается в нуль, поскольку каждый ключ открыт четверть периода на положительной, и четверть периода на отрицательной полувольте сигнала, усредненный ток равен нулю и конденсатор не получает никакого заряда.

Соответственно, и в точке А никакого напряжения не будет. При дальнейшем набеге фазы напряжение на конденсаторах появляется снова, но с обратным знаком, а в точке А снова появляется прямоугольное напряжение с частотой коммутации, но с обратной фазой (рис. 5).

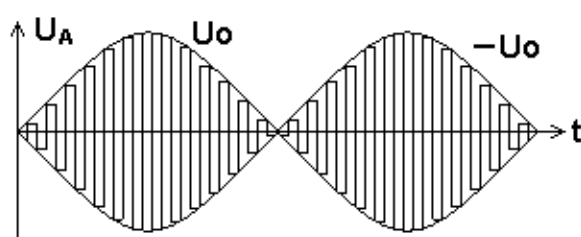


Рис. 5

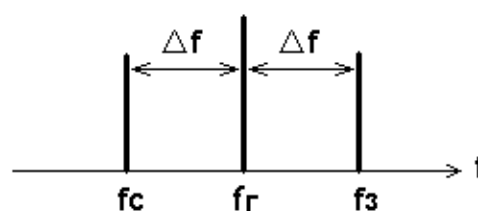


Рис. 6

Это DSB сигнал прямоугольной формы, имеющий две основных спектральных компоненты на частоте сигнала f_c и зеркальной частоте f_z (рис. 6). Пожалуй, не стоит использовать такой смеситель без УРЧ! Дело в том, что даже если "просачивание" сигнала гетеродина на вход мало, и даже подавлено полностью, то при воздействии на вход смесителя мощного сигнала, близкого к частоте гетеродина, будет генерироваться почти такая же по мощности зеркальная помеха, и излучаться антенной! Гармоники f_c , предполагается, подавлены

входным контуром или фильтром, но разница между f_c и f_z равна $2\Delta f$, она меньше 6 кГц и входной фильтр подавить эту помеху не может. Конечно, переизлучение зеркальной помехи антенной невелико и может помешать лишь ближайшим соседям, тем не менее...

Теперь посмотрим, как изменяется входное сопротивление смесителя в точке А (рис. 3) в зависимости от фазы и частоты сигнала. При синфазном сигнале (рис. 4) и в установившемся режиме средний ток через каждый ключ равен току через резистор R_1 или R_2 . Следовательно и входное сопротивление ключей равно $R_1 = R_2$, а общее сопротивление в точке А будет $R_1/2$ или $R_2/2$, т. е. оно равно половине входного сопротивления УНЧ. То же самое будет и при противофазном (по отношению к коммутации ключей) сигнале, лишь знак U_0 изменится на обратный.

Иное дело при квадратурном сигнале. Здесь U_0 равно нулю, следовательно, и входное сопротивление смесителя обращается в нуль, и на нем не выделяется никакого напряжения сигнала. Генерируются лишь гармоники, и их энергия поглощается в R_i .

Таким образом, налицо фазовая зависимость входного сопротивления смесителя. Для произвольной фазы ϕ сигнала

$$R_{вх} = R_1 |\cos \phi/2|.$$

Когда расстройка сигнала Δf превышает частоту среза F_c цепочек RC на выходах ключей, выходное напряжение U_0 стремится к нулю, а с ним и входное сопротивление смесителя в точке А. Другими словами, на входе ключей уже нет ВЧ напряжения с частотой сигнала. Смеситель по входу ведет себя как узкополосный ($2F_c$) упрощенный (двухфазный) синхронный фильтр с центральной частотой на частоте гетеродина. Способствует ли эта дополнительная селективность повышению динамического диапазона смесителя? В отношении близких по частоте помех ($\Delta f < F_c$) — нет, а в отношении далеких ($\Delta f > F_c$), вероятно да. Следует, однако, иметь в виду, что ослабляется только напряжение далеких по частоте помех в точке А, а ток этих помех, текущий в смеситель, остается прежним! Этот вопрос требует дальнейших экспериментальных исследований.

Многофазные смесители. Эффект формирования зеркальной помехи пропадает в трех- четырех- и многофазных системах, работающих подобно настоящему [1] синхронному фильтру (рис. 7). Но и в них также есть обратная реакция, состоящая в преобразовании частоты сигнала в НЧ, а затем в обратном преобразовании с НЧ на ВЧ — ведь ключевой смеситель обратим, и имеет, как мы договорились, весьма малые потери. Глубина подавления зеркальной помехи зависит от точности подбора фаз управляющих сигналов на ключах и их идентичности, поскольку подавляется она фазовым методом.

По входу (в точке А) смеситель является узкополосным синхронным фильтром, и его АЧХ соответствует резонансной кривой одиночного колебательного контура (рис. 8) с очень высокой эквивалентной добротностью:

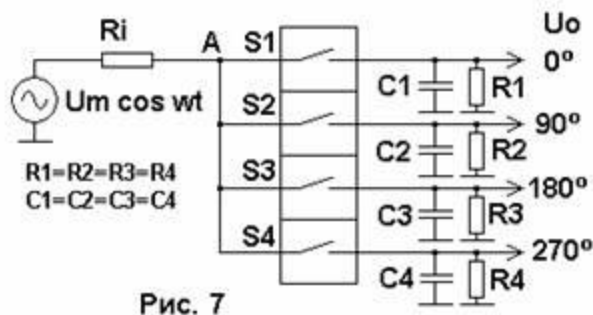


Рис. 7

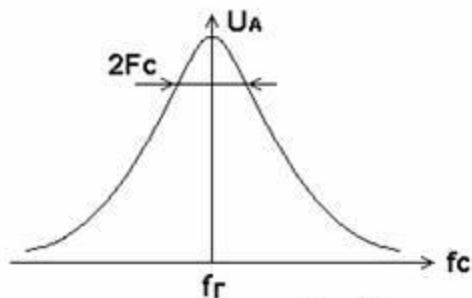


Рис. 8

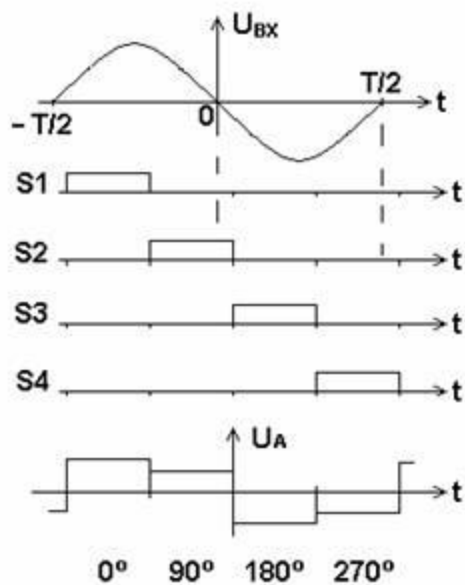


Рис. 9

$$Q_{\text{Экв}} = f_{\text{г}} / 2F_{\text{с}}. \quad (4)$$

Так, например, на частоте 30 МГц при $F_{\text{с}} = 6$ кГц она достигает 2500. Вполне возможно получить и еще большую добротность. Так, экспериментируя на СВ с простейшим однофазным ключевым смесителем, не требующим даже питания, удалось получить эквивалентную добротность более миллиона — это устройство использовалось для выделения несущей АМ станции в полосе менее 1 Гц [3].

Все это чем-то напоминает высокую добротность, получаемую с реальными контурами в Q-умножителях на частоте сигнала. Однако есть и существенная разница. Контур Q-умножителя имеет единственный резонанс на частоте сигнала, и при расстройках ослабляется как ток в контуре, так и напряжение сигнала на выводах контура. Высокая добротность объясняется компенсацией потерь контура цепью обратной связи.

В многофазном ключевом смесителе входной ток задан резистором R_i — внутренним сопротивлением генератора тока, и он не зависит от частоты, а АЧХ на рис. 8 относится лишь к напряжению на входе ключей, по сути, это АЧХ входного сопротивления смесителя. Оно максимально, и равно R_i/n на частоте коммутации, но уменьшается при отклонении частоты сигнала от частоты гетеродина, и стремится к нулю при больших расстройках. Дополнительные пики АЧХ есть на гармониках частоты коммутации.

Более того, гармоники сигнала генерируются и самим ключевым смесителем! Посмотрим форму напряжения сигнала в точке А (рис. 9) при синхронном режиме, когда $f_{\text{с}} = f_{\text{г}}$. На верхнем графике показана синусоидальная форма входного напряжения, и такую же форму будет иметь ток, втекающий в ключи при большом R_i . На следующих четырех графиках показаны гетеродинные импульсы, соответствующие открытому состоянию ключей $S_1 \dots S_4$. Для наглядности фаза коммутации немного сдвинута относительно фазы сигнала. Каждый из

конденсаторов $C1...C4$ будет заряжаться пропорционально знаку и средней величине отрезка тока за время открытого состояния соответствующего ключа. Нижний график соответствует форме напряжения на входе ключей, т. е. в точке А. Как видим, она весьма далека от синусоидальной формы, и состоит из отрезков прямоугольников длительностью в четверть периода. Это связано с невозможностью заметного изменения напряжения на конденсаторах большой емкости $C1...C4$ за короткий период ВЧ сигнала.

Напряжение U_A содержит основную гармонику с частотой f_c и высшие гармоники f_c . В связи с этим кажется сомнительной целесообразность подключения входа смесителя к одиночному параллельному входному контуру. Ведь этот контур содержит конденсатор, замыкающий ток высших гармоник, а нам этот ток совсем не нужен и даже вреден! Кроме того, работа самого контура, если на нем принудительно установить напряжение с формой, как на нижнем графике рис. 9, будет в значительной степени нарушена. Следовательно, сопротивление R_i необходимо, либо в виде реального резистора, либо внутреннего сопротивления генератора тока — УРЧ.

Примеры практического проектирования. Первый любительский приемник с ключевым смесителем был построен четверть века назад для синхронного приема АМ станций СВ диапазона [4]. В нем использован смеситель как на рис. 7 с алгоритмом работы рис. 9. Хорошо помню небольшой розыгрыш — принес приемник в редакцию "Радио", не рассказывая, что это такое. Попросил подключить к хорошей колонке. Послушали музыку — никаких эмоций — очередной УКВ приемник с ФАПЧ, спрашивают, принес? Нет, отвечаю, с ФАПЧ, но не УКВ, а средние волны! И снял крышку, а там магнитная антенна! Немало удивлялись, и, видно, запомнили, потому что через 15 лет опубликовали сокращенное описание приемника снова под рубрикой "актуально и сегодня".

В этом приемнике не стояла задача получить дополнительную селективность за счет синхронной фильтрации смесителем, напротив, пришлось уменьшать добротность входного контура, чтобы пропустить всю полосу звуковых частот. Поэтому и выходное сопротивление УРЧ невелико — вероятно, сотни Ом, к которому надо добавить и прямое сопротивление весьма несовершенных ключей К176КТ1 (других тогда не было).

Предполагаемая схема ключевого смесителя с УРЧ — генератором тока, реализующим дополнительную селективность, показана на рис. 10. Входной двухконтурный фильтр имеет смысл построить именно по этой схеме [2, рис. 1]. Последовательный контур $L1C1$ включен в 50-омный ввод антенны и имеет вполне разумные значения L и C ($X_L = X_C = Q \cdot 50$ Ом, где Q — эквивалентная добротность, определяемая шириной диапазона B : $Q = f_0/B$). Скажем, для диапазона 20 м $B = 350$ кГц и $Q = 40$. Второй контур $L2C2$ с отводом на 50 Ом должен иметь примерно такую же добротность, но из-за автотрансформаторного включения катушки напряжение сигнала на нем в 4...6 раз выше, чем на антенном входе.

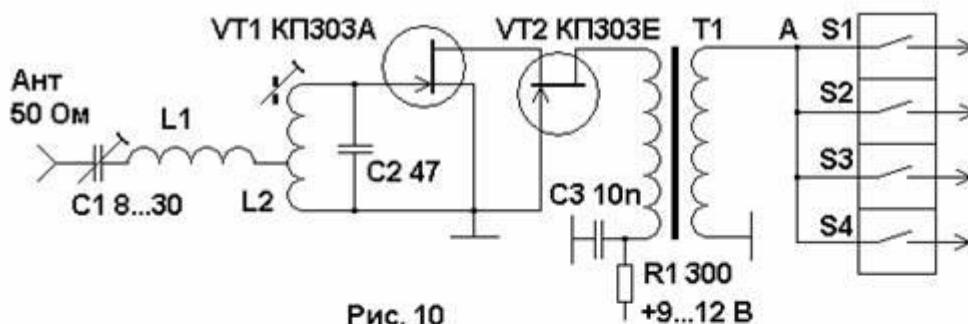


Рис. 10

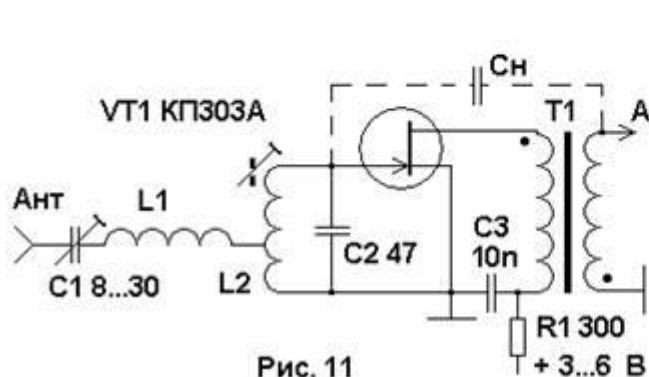


Рис. 11

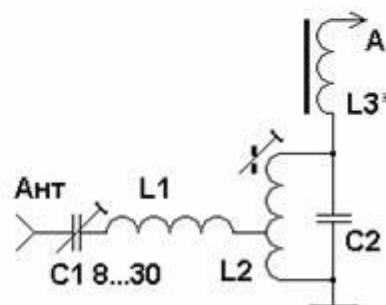


Рис. 12

Выход фильтра высокоомный, он прекрасно сочетается с большим входным сопротивлением УРЧ. Не вижу смысла понижать выходное сопротивление фильтра до 50 Ом и делать входное сопротивление УРЧ таким же — это приведет только к снижению K_u фильтра и ухудшению его селективных свойств. Распространенная 50-омная техника [5], вероятно, оправдана в "военных" конструкциях, где отдельные блоки в запаянных коробках соединяются длинными кабелями, но едва ли хороша в простых одноплатных гетеродинных приемниках.

Данный фильтр имеет и еще одно достоинство, неоднократно подтвержденное практически. Его АЧХ содержит "двойные нули" на очень низких и очень высоких частотах, избавляя от помех со стороны мощных вещательных станций как ДВ, так и УКВ диапазонов. ДВ ослабляются последовательно включенным конденсатором С1 и замыкаются на землю малой частью катушки L2, а УКВ ослабляются катушкой L1 и замыкаются конденсатором С2. Ручку конденсатора С1 полезно вывести на переднюю панель. Она послужит для оперативной подстройки любых, в том числе и суррогатных антенн, а при необходимости будет и аттенюатором — установив емкость С1 минимальной, ослабим все, в том числе и мощные мешающие сигналы.

УРЧ собран по каскадной схеме, позволившей избавиться от резисторов смещения и сопутствующих блокировочных конденсаторов [6]. Транзистор VT1 должен иметь ток стока 2...5 мА при нулевом смещении на затворе, а VT2 — такой же ток при отрицательном смещении 3...4 В. Тогда такое же напряжение автоматически установится на стоке VT1 и подбора режима не потребуется. ВЧ трансформатор Т1 нужен для того, чтобы НЧ шум УРЧ не попадал в смеситель и далее в УНЧ. Его удобно намотать двумя сложенными вместе проводами на ферритовом кольце. Поскольку он должен работать в "токовом" режиме, число витков рекомендуется сделать раза в полтора-два больше обычного. Не

исключена и настройка первичной обмотки трансформатора междувитковой или небольшой дополнительной емкостью на частоту сигнала. Усиление этого УРЧ немалое, и его имеет смысл использовать на ВЧ диапазонах.

Для НЧ диапазонов подойдет более простой УРЧ на одном транзисторе (рис. 11). Его недостаток — наличие проходной емкости транзистора (сток-затвор), которая хоть и невелика (около 2 пФ), но может ухудшить стабильность работы УРЧ. Раз уж мы используем трансформатор, то проходную емкость легко нейтрализовать, включив трансформатор так, чтобы он инвертировал сигнал, и установив нейтрализующую емкость C_n , равную проходной.

Можно ли обойтись вообще без УРЧ? Чувствительность приемника со входа смесителя получается довольно высокой, даже в "космическом" приемнике [2] на частоте 29 МГц ее удалось довести до 0,3...0,4 мкВ. С настоящими ключевыми смесителями она может быть еще лучше. Но если уж придерживаться принципа токового питания ключей сигналом, то непосредственное соединение контура L2C2 со входом ключевого смесителя совсем не хорошо — ключи сильно исказят форму напряжения на контуре, нарушат его работу и вызовут большие токи высших гармоник сигнала.

Полезен резистор, включенный последовательно со входом смесителя, как неоднократно предлагал на форуме Олег9. Тогда мощность высших гармоник будет рассеиваться на нем, но все равно возрастут потери сигнала. А что, если связать контур со смесителем через катушку L3 с индуктивным сопротивлением порядка 0,2...2 кОм на частоте сигнала, как показано на рис. 12? Она ограничит ток гармоник через ключи (ведь ее сопротивление растет с частотой) и не внесет активных (омических) потерь. Форма сигнала на контуре останется синусоидальной (нижний вывод L3), а на входе ключей — прямоугольной (верхний вывод). Эта догадка нуждается в экспериментальной проверке.

Литература:

1. Морозов В. Узкополосный синхронный фильтр. Радио, 1972, №11, с.53-54.
2. Поляков В. Приемник для космической связи. Радио 12/1978, с.17-18.
3. Поляков В. Эксперименты с синхронным детектированием. Радио, 2001, №4, с.20-22.
4. Поляков В. Синхронный АМ приемник. Радио, 1984, №8, с. 31-34. Радио, 1999, №8, с.16-18.
5. Рэд Э. Справочное пособие по высокочастотной схемотехнике. — М.: Издательство "Мир", 1990.
6. Поляков В. Каскодный и дифференциальный усилители на полевых транзисторах. Радио, 1984, №11, с.28-29.

23 марта 2008 г.

http://www.cqham.ru/trx83_64.htm

Прим. Ред. Предложение, высказанное в конце статьи, так и не было проверено. А ведь включают же на выходе ключевых усилителей мощности дроссель! Почему нельзя его включить на входе ключевого смесителя, что повысит КПД?

Мой путь в радиоэфир

Владимир Ульянов R3PAS

Написать эту небольшую статью меня подтолкнул прошедший в этом году слет QRP клуба, на котором я участвовал впервые. Желание его посетить появилось лет десять назад, когда приобрел FT-817 и увлекся работать в эфире малой мощностью. Начиная с далекого уже 1983 года, когда я впервые собрал приемник прямого преобразования, я узнал о книгах и конструкциях Полякова В.Т, и запал на технику прямого преобразования. Многие приемники были сделаны, отдельные узлы из этих книг были успешно использованы в других конструкциях. Именно на трансивере прямого преобразования на 160 метров впервые вышел в эфир. И вот, спустя столько лет, долгожданная встреча с Владимиром Тимофеевичем состоялась! Жаль, что не было времени остаться на несколько дней, но это исправлю в следующем году. Итак, по порядку.

Как сказал выше, моё первое знакомство с радиоэфиром произошло в январе 1983 года. После зимних каникул простыл и сидел дома. Любил перелистывать журналы «Радио». И вот в руки попался номер № 11 за 1977 год. Многие радиолюбители знают этот выпуск журнала, т.к. в нем был описан приемник прямого преобразования на 3.5 МГц В.Т. Полякова, и многие, скорее всего, также начали свой путь именно с этой конструкции.

И вот, на небольшой макетной плате был собран приемник, в качестве антенны был подключен провод длиной где-то 20 метров, ранее служивший мне для переговорного устройства с другом из соседнего подъезда. И, о чудо, при первом включении услышал телеграфные сигналы, телетайп! Немного подстроив контур гетеродина, начал принимать и радиолюбителей. Чуть не подпрыгнул от радости со стула, когда услышал их переговоры. ☺ Вот с этого приемника-то все и началось, и что радует – по сегодняшней день никак не заканчивается!

Спустя полгода, с другом пошли в областной клуб ДОСААФ на коллективную станцию UZ3PWA, где нас встретили, как мне показалось тогда, «суровые мужики» и, недолго думая, посадили нас к Р-250, одели наушники и включили «сороковку». Завораживающие сигналы эфира окончательно закрепили во мне любовь к КВ-радиосвязи.



Были приобретены книги В.Т. Полякова [1,2,3] о технике прямого преобразования, сделаны приемники на 7 и 14 МГц. Очень хорошо работал ППП для «космической связи на 29 МГц» (журнал «Радио» №12 за 1978г.) Вскоре был получен позывной радиолюбителя-наблюдателя.

Сохранил удостоверение до настоящего времени (Рис.1).

В качестве наблюдателя был года два. Отправлял и получал QSL карточки. К сожалению, многие карточки затерялись. Из запомнившихся позывных в памяти до сих пор всплывает позывной коллективной станции из Владивостока UZ0LWO, а из принятых станций зарубежья это OK3CGP и T77C.

Все принятые позывные записывались в аппаратный журнал. Список станций был довольно большой. Очень любил «подслушивать» переговоры кораблей дальнего плавания с большой землей. Слушать, конечно, хорошо и интересно, но все больше и больше хотелось самому в эфир.



В девятом классе построил всем известный трансивер прямого преобразования на 160 метров и получил позывной UA3PUT. Большую теоретическую помощь в то время мне оказал старейший радиолюбитель города Тулы Озеренский А.И. UA3PZ, за

что ему большое спасибо (Рис 2).

На антенну длинный провод, подвешенный между девятиэтажками, удавались связи с 7, 8 и 9 районами. Эфир в то время был чистым, без помех «цивилизации». Спустя год на основе блок-схемы трансивера «Контур-80» сделал аппарат, где в УПЧ использовал схематические решения Владимира Дроздова RA3AO. Сделал усилитель мощности на 6П45С в гибридном включении. Трансивер сохранил на память до сегодняшнего дня (Рис.3 и Рис.4).



Рис.3



Рис. 4

В 90-е радио ушло на вторые планы. Времена были трудные. Не до эфира было... После рождения двух детей занятия эфиром остались только в мыслях.

Однако все-таки что-то получалось разработать и спаять. Одной из конструкций, которая очень хорошо заработала, был супергетеродин с кварцевым фильтром по

первой ПЧ. Немного расскажу о нем. Основным нюансом было применение смесителя на встречно-параллельных диодах в тракте детектора SSB. Усилителей ПЧ было всего два, после смесителя и после кварцевого фильтра. Они были необходимы только для согласования сопротивлений фильтра по входу и по выходу.

В классическом исполнении трансиверов детекторы SSB сигнала работают на основной частоте последней ПЧ +/- несколько кГц. При проектировании малогабаритных (одноплатных) конструкций трансиверов частота BFO неизбежно попадает в тракт УПЧ, что может вызывать увеличение шума и снижение чувствительности. Чтобы снизить это влияние, помогает правильная топология платы и дополнительная экранировка узлов. Для того чтобы снизить «просачивание» частоты BFO и упростить тракт демодуляции SSB сигнала приемной части, предлагается схема, опубликованная в CQ-QRP #75, с. 26.

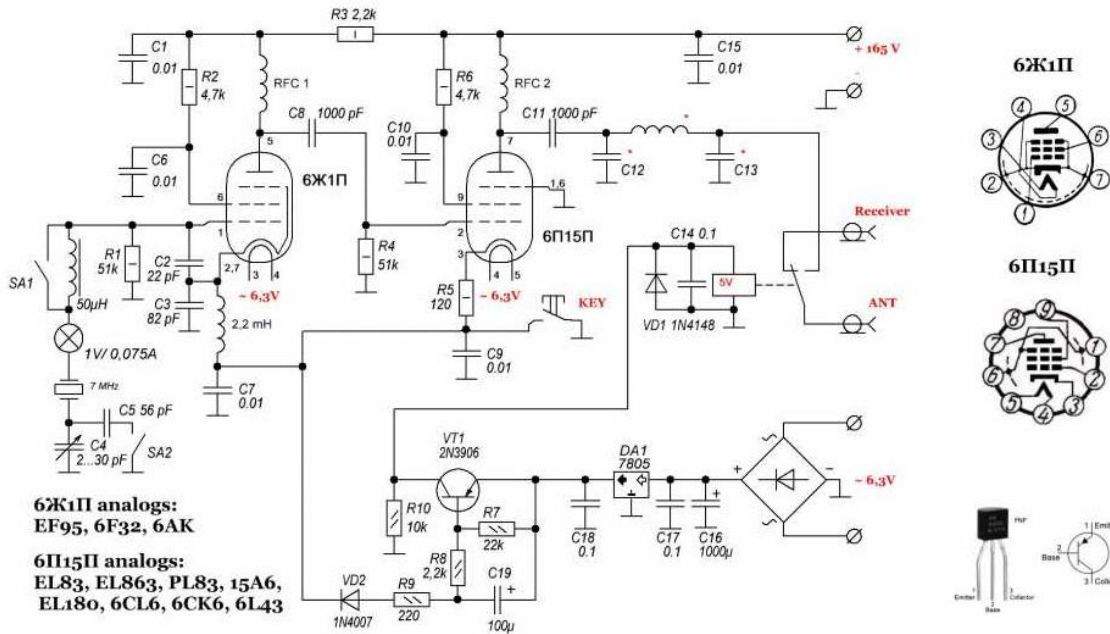
С катушки связи контура L1C1 последнего каскада УПЧ сигнал поступает на смеситель, выполненный на встречно-параллельных диодах VD1 и VD2. Полученный НЧ сигнал отфильтровывается простейшим ФНЧ и поступает на основной УНЧ, АРУ и далее на оконечный УНЧ. Схема этих узлов не приводится. Через катушку связи контура L2C2 сигнал с BFO подается на смеситель на встречно-параллельных диодах. Частоту генератора подстраивают контуром L3. Она ниже частоты ПЧ в два раза, что как раз и снижает «просачивание» частоты BFO на входные каскады УПЧ трансивера. Если при передаче DSB сигнал подавать на вход кварцевого фильтра, то сформированный и усиленный SSB сигнал снимается с катушки связи контура L1C1 и далее поступает на смеситель TRX. При этом BFO приемника необходимо отключать. Если же используется реверсивный УПЧ, то DSB сигнал подается на контур L1C1, при этом на диодах VD1 и VD2 можно будет реализовать клипирование сигнала DSB во время передачи. Во время приема опорный генератор DSB модулятора отключается. Если основное усиление приемного тракта делать по низкой частоте (как, например, реализовано в трансивере «Роса»), то общий уровень шума получается небольшим и эфир кажется более прозрачным, слушать такой аппарат в наушниках одно удовольствие.

Такое схематическое решение показало хорошую работоспособность и открывает возможность её реализации в малогабаритных QRP конструкциях трансиверов, для снижения общего уровня шума и увеличения чувствительности приемного тракта.

Литература

1. Поляков В. Т. Радиолюбителям о технике прямого преобразования. — М.: Патриот, 1990. — 264 с.
2. Поляков В. Т. Трансиверы прямого преобразования. — М.: ДОСААФ, 1984.
3. Поляков В. Т. Приёмники прямого преобразования для любительской связи. — М.: ДОСААФ, 1981.

настройки давал общий вызов на QRP частоте 20-ти метрового диапазона, в районе 14060 кГц в 17:37 по МСК. Антенна: вертикал на основе стеклопластиковой удочки. Тогда мощность была в пределах 0.5 Ватт, и я решил дать серию CQ с позывным и тут слышу, - меня вызывает станция, да ещё и K2VV (!) Видимо Джона привлекло именно своеобразное звучание передатчика, а ведь старые опытные радиолюбители знают даже наверняка, что на «том конце» стоит ламповый передатчик. Наверное, это и привлекло его. Получил RST: 549, что очень неплохо для такой мощности, да и при таком расстоянии. Провели полноценный радиообмен, попрощались. Такие QSO в памяти остаются надолго, если не навсегда! :)



Затем, спустя некоторое время, появилось желание сделать передатчик диапазона 40 метров уже на двух лампах. Выбор пал на 6Ж1П и 6П15П. Нарисовал схему. И через несколько дней ламповый TX уже был готов. Но в этот раз у меня не оказалось металлического корпуса и пришлось делать в пластиковой распределительной коробке для электропроводки. Но материал и толщина пластика оказались подходящие, так что при нагревании ламп нет деформации такого своеобразного корпуса.

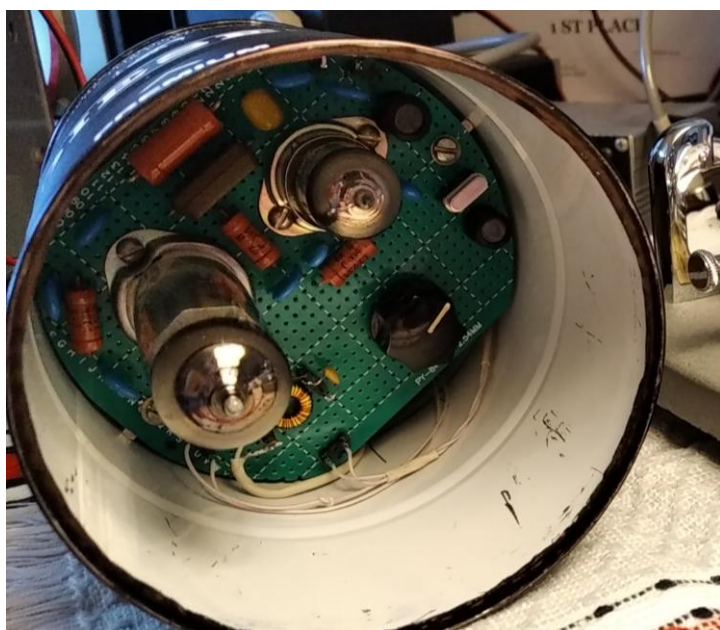


Передатчик запустился сразу, просто было необходимо настроить П-контур. Порадовала устойчивая генерация, красивый чистый тон при манипуляции и отсутствие дрейфа частоты при ключевании, то есть тот самый «чирп» уже отсутствовал, который присутствует в

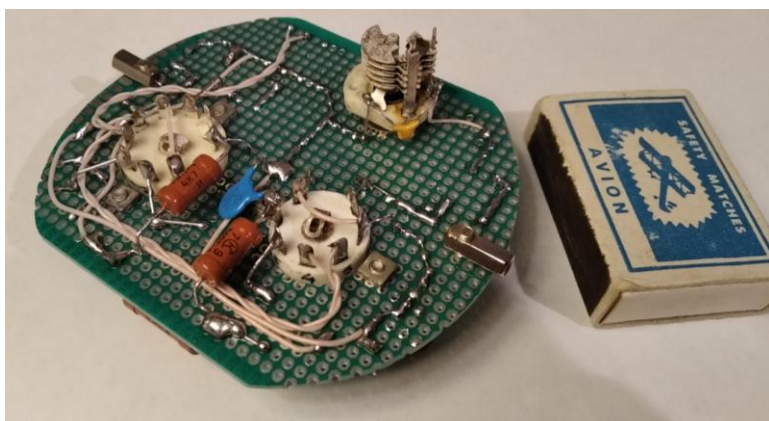
одноламповых ТХ. В новом же передатчике этого недостатка уже совсем не было, что даже несколько огорчило меня, ведь я люблю в разумных пределах ламповый «Chirp». Но в целом, конечно же, двухламповый ТХ работает лучше. Ну, и на 40-метровом диапазоне можно уже душевно коротать зимние вечера, а с лампами приятней вдвойне!

Кстати говоря, эти две конструкции, описанные выше, очень хорошо зарекомендовали себя в «Спутниковых» днях активности, показав стабильную безотказную работу, ведь обе подходят под категорию «1 Ватт».

После удачной эксплуатации пары 6Ж1П и 6П15П, было решено попробовать такой же передатчик, но уже на 14 МГц. Корпуса не было в наличии. И тут мне в голову пришла идея собрать в несколько необычном для лампового ТХ корпусе, а именно — в металлическом «бочонке» из-под водки, который я как-то видел в одном из местных магазинов. Решил совместить приятное с «полезным» и новый передатчик был помещен в задуманный для него корпус! Шуточно так и назвал «Vodka TX». Думаю, что отдельного подробного описания приведенные схемы не требуют и все понятно по приведенной простой схемотехнике и фотографиям изделий...



Могу добавить только — когда ламповый передатчик работает в паре с механическим ключом, как в моем случае — с BUG(ом), это приятней вдвойне, и удовольствие, получаемое при отдыхе в эфире на такой «раритетной» комплектации, ни с чем не сравнимое!



Пожелаю всем получить такое же удовольствие, и до встречи в эфире на QRP частотах!

72! 73! de UY1IF Алексей.

Лампа с катодной сеткой, транзитронный эффект отрицательного сопротивления и радиопередвижка писателя-фантаста В.И.Немцова

Василий Текин

Радиолампа с катодной сеткой представляет собой вакуумный 4-электродный усилительный прибор, однако не являющийся тетродом. Тем не менее, сетки обоих видов ламп нумеруются одинаково в порядке распространения электронного потока от катода к аноду.

Отличие лампы с катодной сеткой от тетрода представлено в следующих таблицах:

Название электродов			Проницаемость сеток		
Сетка	Лампа с катодной сеткой	Тетрод	Сетка	Лампа с катодной сеткой	Тетрод
1	Катодная сетка	Управляющая	1	Высокая	Низкая
2	Анодная сетка	Экранная	2	Низкая	Высокая

Таким образом лампы с катодной сеткой и тетроды не взаимозаменяемы, хотя могут иметь равную общую проницаемость по обеим сеткам, равную произведению проницаемостей отдельных сеток.

Проницаемость сетки определяется по анодному току и всегда меньше единицы. Вместо проницаемости чаще используется понятие коэффициента усиления, как величины, обратной проницаемости.

В типовом включении на катодную сетку подаётся небольшой положительный потенциал, однако из-за низкой проницаемости собственный её ток не слишком велик и катодная сетка является эффективным, но виртуальным катодом вакуумного триода с анодной управляющей сеткой, работающей как обычная сетка классического триода при нулевом или даже отрицательном напряжении смещения.

Иначе говоря, лампа с катодной сеткой представляет собой вакуумный триод с виртуальным катодом или триод с катодной сеткой. Но в отличие от своего классического собрата за счёт эффективной эмиссии виртуального катода такой триод в специальном исполнении может работать и при очень низких (транзисторных) анодных напряжениях.

Виртуальный катод, разумеется, можно использовать и в многосеточных вакуумных лампах, в частности, таковой является высокочастотный пентод 6Ж20П, который можно назвать и тетродом с катодной сеткой.

Триод с катодной сеткой, конечно, можно использовать и для генерации электрических колебаний радиочастотного диапазона, а также в регенеративных детекторах, собранных по обычной схеме. Однако, это не единственный и, возможно, не лучший способ построения таких схем.

В далёком 1926 году в экспериментах с вакуумным тетродом Бальтасар ван дер Поль обнаружил эффект отрицательного сопротивления, позднее названного транзитронным (не путать с транзисторным – тогда транзисторов ещё не существовало...), объяснение которому было найдено Эдвардом Герольдом только в 1935 году.

Суть транзитронного эффекта состоит в следующем. При увеличении напряжения на катодной сетке увеличивается и её ток, соответственно ослабляя поток электронов к анодной сетке. Из-за высокой проницаемости катодной сетки её усиление невелико в отличие от усиления анодной сетки, имеющей низкую проницаемость. В результате изменение напряжения на анодной сетке оказывается больше, чем на катодной при их синфазности.

Но... Низкая проницаемость анодной сетки обеспечивает не только большое усиление, но и её высокую крутизну, т.е. малое внутреннее сопротивление. И тогда замыкание (по переменному току, конечно, иначе изменится режим работы) сеток позволяет с избытком компенсировать затраты энергии на управление катодной сеткой, получив отрицательное сопротивление. Способы использования такого сопротивления уже являются делом техники.

В том и состоит суть транзитронного эффекта, официально открытого Эдвардом Герольдом в 1935 году и вошедшего в американский радиотехнический справочник 1941 года.

Однако уже в "Радио Всем" № 5 за март 1929 года на стр. 145-147 Н. Изюмовым в статье "Применение лампы с катодной сеткой" имеется описание и любопытная схема (Рис. 4) однолампового негатронного регенератора или негатрона на лампе с катодной сеткой с использованием транзитронного эффекта, идеально приспособленная для работы с рамочной антенной.

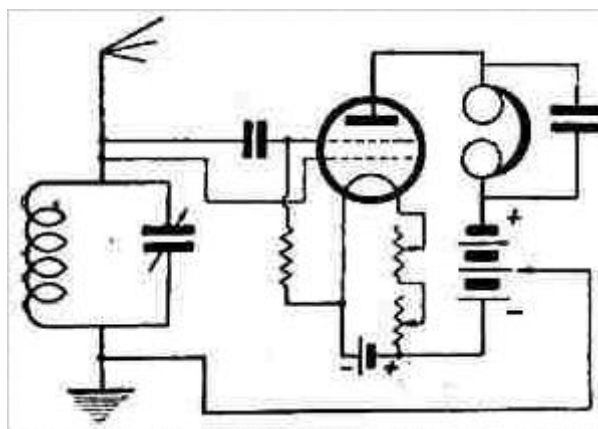


Рис. 4

Очевидно, что в те далёкие времена радиотехническая наука в СССР была на высоте и смогла не только дать объяснение, но и предложить способ применения

эффекта Бальтасара ван дер Поля 1926 года задолго до его официального открытия.

Любопытно, что известный писатель-фантаст В.И.Немцов был ещё и талантливым радиоконструктором, что следует из подзаголовка «Записки радиоконструктора» его первой и во многом автобиографической книге «Незримые пути». В этой книге упоминается построенная автором ещё в довоенные годы одноламповая радиопередвижка (чемоданного типа, однако...), работавшая от двух батареек для карманного фонаря. Приводится и рисунок (по фотографии) этого устройства, подозрительно напоминающий схему регенератора Рис. 4, по крайней мере, по числу ручек управления, что, видимо, неслучайно.



Получился передвижной приемник с одной лампой и двумя карманными батарейками.

Эта книжка впервые попала в мои руки в 1956 году во втором издании 1953 года. И с тех пор не давала мне покоя. Уж больно хотелось понять, как устроена такая передвижка, с рамочной антенной, позволявшая принимать московские радиостанции с расстояния в несколько сотен километров. Теперь, кажется, я это знаю, чем счёл должным поделиться и с другими.

73! В. Т.

Прим. Ред. Я видел эти лампы в далеком детстве! И зачитывался книжками В. Немцова. Лампы выпускали задолго до Великой Отечественной промышленно. Первая разработка называлась «Микро», вторая – МДС – Микро с двумя сетками **РАЗААЕ**.

Советская лампа Авдеева



У всех на слуху имена наших гениальных технарей-конструкторов типа Александра Попова, Сергея Королева, Михаила Калашникова. Их, увы, не так много, как хотелось бы, но при этом некоторые и вовсе незаслуженно забыты, хотя стоит их знать и гордиться ими! Один из таких гениев — Валентин Николаевич Авдеев, принесший отечественным вооруженным

силам, пожалуй, пользы едва ли не больше, чем знаменитый Калашников!

На рубеже 40-х и 50-х годов в электронике, которая, как и все научные достижения того времени, первым делом попадала в военную индустрию, произошел колоссальный прорыв — американский изобретатель, нобелевский лауреат по физике Уильям Брэдфорд Шокли разработал первый в мире транзистор. Маленький металлический цилиндр размером с наперсток с кристаллом полупроводника внутри и тремя проволочными выводами перевернул саму суть конструирования аппаратуры — он позволял отказаться от радиоламп, огромных по сравнению с транзистором, чудовищно энергопрожорливых, хрупких, ненадежных, имеющих малый срок жизни... Разумеется, американская военная аппаратура тут же начала стремительно миниатюризироваться. А на пороге была космическая эра — там вопросы компактности и надежности техники вставали еще острее. Да и холодная война с её гонкой вооружений ставила новые задачи, в решения которых радиолампы уже не вписывались... Однако, заменить лампы в СССР было нечем! В СССР транзисторы были, но нагонять изрядное отставание от Запада не хватало времени. И решение предложил молодой ученый Валентин Авдеев, разработав новый тип электровакуумных приборов — тоже лампы, но конструктивно совершенно иные!

Стержневые лампы Авдеева, которые он разработал в Новосибирске, будучи во время войны эвакуированным туда из Ленинграда вместе с заводом «Светлана», были тоненькими стеклянными цилиндриками, ненамного превышавшими по размерам транзисторы той эпохи. Название «стержневые» происходит из-за формы электродов. Авдеев создал принципиально иной способ управления потоками электронов внутри лампы за счет изменения потенциалов на стержнях, из-за которых они и называются стержневыми. Благодаря этому изобретению удалось избавиться почти от всех недостатков традиционных ламп, что позволило строить очень надежную, компактную и экономичную радиоаппаратуру! Стержневые лампы потребляли на порядок меньше энергии и превосходно работали в портативной и миниатюрной технике с батарейным питанием, они не боялись вибраций, функционировали в широчайшем диапазоне температур (от – 60 до +125 градусов!), уверенно работали на высоких частотах! Срок службы стержневых радиоламп — 5000 часов (для сравнения, обычные радиолампы работают не более 500 часов)

Высокочастотные пентоды 1Ж17Б, 1Ж18Б, 1Ж24Б, 1Ж29Б и 1П24Б обеспечили передачу сигналов первого искусственного спутника Земли в 1957 году, благодаря им из космоса на связь выходили и Гагарин, и Титов, и все первые советские космонавты. На этих лампах работала фактически ВСЯ военная радиосвязь 50-х, 60-х (да и 70-х!) годов в нашей стране, и даже в первых противотанковых управляемых снарядах приемники были построены на авдеевских пентодах — заложенная в конструкцию надежность позволяла выдерживать любые перегрузки! Можно сколько угодно восхвалять микросхемы на полупроводниковых транзисторах, но в условиях повышенной радиации в зоне воздействия ядерного взрыва или аварии на АЭС ни один транзистор не будет работать.

Ист.: <http://back-in-ussr.info/2012/01/советская-лампа-авдеева/#more-633>

Полезное с приятным

Виталий Тюрин UA3AJO

Возвращаясь домой с дачи в направлении станции Усады, что в Московской области, автор двигался по лесной прямолинейной тропе длиной около одного километра, расположенной на равноудалённом расстоянии порядка 3 км от дачи Николая RB3ABV (пл. Привалово). Для измерения уровней сигнала в начале, середине и в конце лесной тропы, Николай по моему звонку включил несущую 5-ваттного передатчика на частоте 3625 кГц.

Уровень сигнала составил: в начале тропы 250 мкВ/м, в середине 160 мкВ/м, и в конце тропы 100 мкВ/м. Таким образом, соотношение уровней сигналов в конечных точках тропы составило 2,5 раза или по мощности более 6-ти раз. И это при равном удалении от передатчика.

Открыл карту и увидел, что трасса, идущая в начало тропы, испытывает поглощение прерывистым лесным массивом не более 10%, а трасса, идущая в конец тропы, испытывает поглощение сплошным лесом, входящим в точку приёма более чем на 40%. Этот практический пример показывает следующее:

1. Как значительно зависит поглощение радиоволн от характера и зон расположения лесных массивов на трассе, т.е. двух одинаковых трасс не бывает:
2. Какое значительное поглощение испытывают радиоволны даже НЧ диапазона:
3. Насколько трудно точно рассчитать истинное значение коэффициента поглощения на трассе даже с использованием достоверного графического материала [1, с.167...171].

Измерение уровней сигнала проводил на приёмник TECSUN PL-606.

Литература:

1. В.Е.Кашпровский, Ф.А.Кузубов. Распространение средних радиоволн земным лучом. М.: Связь. 1971.

Радиосвязь в поле



Радиосвязь из походных условий
→ Группа Тактического Туризма
"Гора"

Для дальней радиосвязи совсем не обязательно большие громоздкие радиостанции и куча оборудования. Достаточно дешёвого китайского трансивера и простенькой антенны из двух кусков проволоки.

Источник: https://uceleu.ru/blog/Group_Tactical_Tourism_Mountain/3340.html

Новости науки

Теперь рекламу нам будут показывать прямо из космоса.

Российская компания Avant Space завершила испытания блока лазеров для спутников. Проект будет реализован в ближайшие годы. Российская компания Avant Space сообщила о том, что успешно завершила испытания блока лазеров для своих космических аппаратов, нацеленных на показ рекламы из космоса.



Блок лазеров был запущен в стратосферу на высоту около 30 км для того, чтобы подтвердить проектный уровень мощности источника света в условиях, приближенных к космическим.

Тестовый запуск позволил подтвердить все расчёты, а специалисты компании пообещали, что их «искусственное созвездие» по яркости на ночном небе будет сопоставимо с Венерой, то есть будет ярче любой звезды и любого иного объекта ночного неба за исключением Луны. При этом Avant Space заверила, что свечение её аппаратов не будет создавать проблем для астрономов, так как включаться лазеры будут только при пролёте спутников над крупными мегаполисами. По расчётам специалистов компании, охват рекламных изображений, которые будут создавать её спутники, составит 1 млрд человек. Ранее сообщалось, что первые два спутника проекта будут запущены на орбиту в 2022 году.

Комментарии. Их много, и, в основном, матерные.... Даем лишь пару, с купюрами:

- ... Последнюю природную красоту, доступную в Москве, угробить хотят.
- От всей души желаю этому "инновационному" стартапу обанкротиться.

Источник:

<http://joyreactor.cc/search/%25D1%2580%25D0%25B0%25D0%25B4%25D0%25B8%25D0%25BE%25D1%2581%25D0%25B2%25D1%258F%25D0%25B7%25D1%258C>



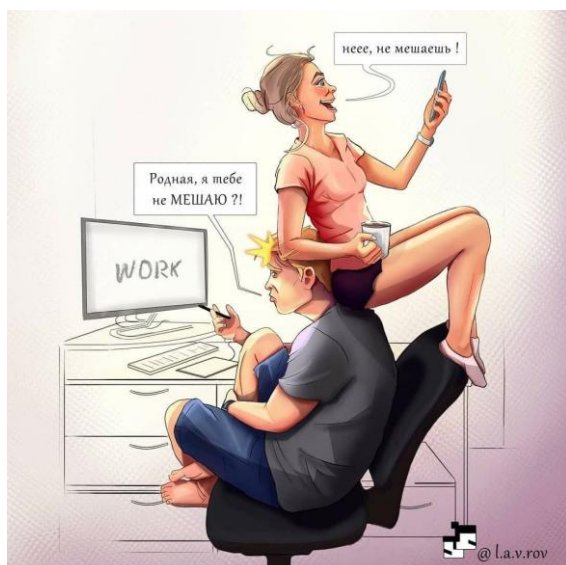
Над Восточной Норвегией упал метеорит, многие жители слышали сильный гул.

Позже в Норвежской метеорной сети уточнили, что метеорит впервые обнаружили в 90 км над холмом Кьеркебергет в Нордмарке к северу от Осло, он перемещался в юго-западном направлении. Затем метеорит распался на части и погас в 23 км над землей. Падение создало мощную ударную волну, которую

«многие ощутили». Однако никто не пострадал.

Норвежский сейсмологический центр NORSAR обнаружил метеорит между 01:10 и 01:15 ночи.

Радио-юмор



Источник: <https://www.drive2.ru/c/496271721096020169/>

- **Мама, я гулять.** Приду ночью пьяным и с незнакомой блондинкой.
- Ой, да хорошо заливать, опять небось в свой Радиоклуб направился!



МОЛОДОЙ КОНДЕНСАТОР БЕЗ ВРЕДНЫХ УТЕЧЕК ИЩЕТ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНУЮ КАТУШКУ ИНДУКТИВНОСТИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СОВМЕСТНОГО КОЛЕБАТЕЛЬНОГО КОНТУРА. НИЗКИЕ ЧАСТОТЫ НЕ ПРЕДЛАГАТЬ!

БыкЗдоровый для forum.onliner.by



Пьяная жена приходит домой и сразу затевает скандал:
— Да вы посмотрите на него! Я его по всем кабакам ищу, а он тут за трансивером!!!



CQ-QRP # 76