

## АТВ - ЦТВ

Аналоговое телевидение (АТВ) доживает своё последнее славное время, со всех трибун, экранов и громкоговорителей кричат, что вот-вот ещё немного и всё: у нас будет сплошное двух-пакетное цифровое телевидение (ЦТВ). Не буду писать о преимуществах ЦТВ: по крайней мере, энергетическое, преимущество, точно, - есть... Кроме всего прочего: освобождается огромный участок электромагнитного спектра и это - самое значимое для радиолюбителей, - появится возможность работы в “магическом” диапазоне 50 МГц (6 метров). Связи в этом диапазоне можно проводить, при наличии прохождения, малыми мощностями и на значительные расстояния, и при простых антеннах.

Находясь в состоянии ожидания, не следует вести себя пассивно: мол, купил трансивер с диапазоном 50 МГц и всё... Дождусь, разрешат и буду работать... Никто не запретит Вам этого сделать, но существуют весьма неприятные проблемы, главная из них – вторая гармоника сигналов Вашего передатчика попадает в радиовещательный УКВ FM диапазон, в который мы благополучно и радостно перешли с нашего УКВ ЧМ (63,5...74 МГц) и соседи, просто, не дадут Вам житья, как только услышат на волнах любимых радиостанций Ваши сигналы. Поэтому заранее готовьте антенные фильтры, которые будут охранять интересы Ваши и соседей. В самом деле, проектируется выделить радиолюбительскому сообществу частоты в районе 50,0...52,0 МГц, вторая гармоника сигналов любительских передатчиков придётся на частоты 100,0...104,0 МГц – в нашем городе я обнаружил в этом участке 7 вещательных ЧМ радиостанций, при более плотном заселении местности - эта ситуация будет ещё хуже, так как появится возможность принимать слабые РВ станции из ближних соседних регионов и соседи этой возможностью воспользуются – отсюда (слабые принимаемые сигналы и увеличение “плотности” размещения радиостанций по диапазону), требования к подавлению гармоник ещё более возрастут... Для подавления внеполосных сигналов лучше использовать резонансные фильтры, как устраняющие не только высшие гармоники, но и субгармонические составляющие, компоненты сигналов гетеродинов со смесителей и формирователей (SSB-сигналов, например)... А после резонансных фильтров не грех и ФНЧ применить (П-контур), чтобы окончательно покончить с гармониками, на выходе включить режекторные фильтры...

Помню обратную ситуацию, когда у нас в городе оформили новую радиовещательную УКВ ЧМ радиостанцию ещё в “старом” (УКВ ЧМ) диапазоне - на частоте 72,22 МГц, так вот, вторая гармоника от этой радиостанции (для РВ используется широкополосная ЧМ с девиацией +/- 75 кГц = полоса 150 кГц) прикрывала значительную часть двухметрового диапазона со средней частотой  $72,22 \times 2 = 144,440$  МГц шумовой помехой. Полная полоса 150 кГц, занимаемая сигналом РВ станции по второй гармонике превращается в  $150 \times 2 = 300$  кГц, да ещё, видимо, была и изначально побольше... Ситуация – очень неприятная: не только сигналы DX-станций стало невозможно принимать, но и некоторые местные любительские тонули в сплошных шумах, особенно, при музыкальных РВ программах на выше упомянутой ЧМ радиостанции.

Чтобы обеспечить полосу пропускания резонансных (пропускающих) фильтров порядка 2 МГц с минимальным затуханием у границ диапазона на частотах 50,0...52,0 МГц необходимо применить двухконтурный полосовой фильтр (ПФ) на основе коаксиальных или спиральных резонаторов (Рис. 1), причём, чем выше будет добротность резонаторов, тем лучше, - меньше затухание в рабочей полосе и больше за полосой, однако, при более узкой полосе пропускания ПФ, придётся, либо применить трёхконтурный ПФ, либо предусмотреть возможность оперативной его подстройки. Предварительную настройку связанных резонаторов лучше производить по приборам (ИЧХ), (вообще-то, без них в фильтровой технике делать нечего), добиваясь большей прямоугольности характеристики фильтра, меньшей неравномерности передачи и минимума затухания в рабочей полосе. После резонансного фильтра можно и нужно

включить ФНЧ (П-контур, двойной П-контур), а ещё и режекторные контуры на четвертьволновых отрезках коаксиальных кабелей, настроенные на частоты РВ станций, на которых помехи, если, всё-таки, проявляются, нисколько не помешают. Такие меры нужно считать дополнительными, специфическими для этого (6-метрового) диапазона, и они нисколько не умаляют значения обычных мер по экранировке, развязке, устранению наводок (экранированный сетевой шнур питания, фильтры и дроссели в цепях питания), по устройству индивидуального качественного заземления для радиопередающей аппаратуры и устранения непосредственной наводки на РВ-аппараты и РВ-антенны соседей (установка собственных антенн подальше от РВ, разнос по высоте и формирование диаграммы направленности (ДН) антенны таким образом, чтобы РВ-антенны находились в минимумах ДН).

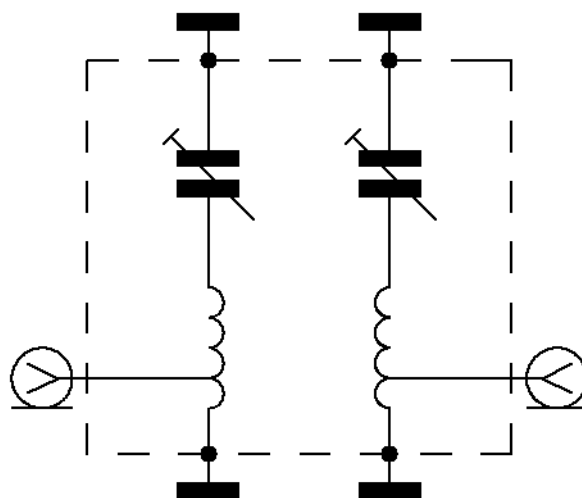


Рис. 1. Полосовой двухконтурный фильтр на спиральных резонаторах. Схема принципиальная электрическая

ЦТВ повысило чёткость изображения даже на аналоговых телеприёмниках с цифровыми приставками, позволит уменьшить ВЧ-облучение населения (за счёт выключения аналоговых передатчиков) в месте расположения телецентров. Представьте себе: стандартный передатчик изображения только одного канала АТВ в более или менее крупном городе имеет выходную мощность 5 кВт плюс передатчик звукового сопровождения – 2 кВт, получается 7 кВт на канал. Сколько ТВ-каналов в городе? У нас в Тюмени только в метровом участке – 4 (8 передатчиков) и до десятка на ДМВ (плюс ещё два десятка передатчиков), правда, в диапазоне ДМВ – мощности поменьше, но всё же: общая излучаемая мощность довольно большая, если не сказать – огромная. Выключение передатчиков АТВ приведёт к её значительному уменьшению, так как, передача двух обязательных пакетов ТВ-каналов ЦТВ в нашем городе будут обеспечиваться всего двумя передатчиками мощностью по 5000 Вт.

Теперь обратимся к совместимости ТВ каналов ЦТВ и любительского радио. Современный приёмник ЦТВ также реагирует на посторонние сигналы и помехи, правда, реакция у него – другая: вдруг “останавливается” изображение, начинает распадаться на квадратики, в канале звукового сопровождения начинают появляться трески, щелчки, порой очень мощные и неприятные для слуха... Поэтому для телевизора нужно обеспечить максимальный уровень сигнала с телецентра, чтобы снизить его реакцию на помехи и сигналы радиолучительских передатчиков. Кстати, определить по поведению

цифрового телевизора тип помехи довольно сложно, но не забывайте, что остаётся огромный парк аналоговых аппаратов с приставками и аналоговая часть телеприёмника может помочь выявить источник помех... А последствия – известны... В современности очень популярной становится связь на УКВ. В связи с уходом ЦТВ на ДМВ, однако, не стоит расслабляться: гармоники передатчиков диапазонов 144, 432 и 1296 МГц нужно давить фильтрами и чем глубже, тем лучше, ЦТВ-телевизоры, несмотря на их “продвинутость”, обладают очень низкой селективностью по входу и присутствие даже слабых помех от гармонических или комбинационных составляющих любительских передатчиков парализуют частично или полностью приём телестанций. В связи с уходом АТВ, вроде бы можно вздохнуть свободнее и коротковолновикам – не будет помех на 1...3 каналах и можно увеличить мощность передатчика и пренебречь применением фильтров, а обычные П-контуры на ДМВ с гармониками справятся... Но не стоит обольщаться, освободившиеся от АТВ частоты займут ещё более суровые товарищи, помехи которым будут расцениваться ещё жестче, чем соседями... Отдельное “спасибо” хочется сказать изобретателям активных ТВ-антенн, например, таких как “польская решётка” и их аналогов. Для упрощения, конструкторы сделали входы антенных усилителей (АУ) ТВ-сигнала апериодическими, кроме всего прочего активные компоненты этих усилителей очень легко перегружаются и выходят из строя во время близких гроз. Применение таких усилителей было бы оправдано на дальних хуторах за городом, при применении направленных антенн и отсутствии каких-либо действующих передатчиков поблизости, коммерсанты тоже довольны, прошла гроза и телезрители бегут покупать антенные ТВ-усилители... Такие АУ в диапазоне из-за “прозрачности” (0...900 МГц и шире) вместе со всеми ТВ сигналами принимают и все помехи, из-за малого динамического диапазона, комбинируют их и “накладывают” на ТВ-сигналы, значит, работающие передатчики, даже с “кристально чистым” спектром вблизи от ТВ-аппарата с антенной, имеющей выше упомянутый предусилитель, будут поражены неустранимой помехой... Эта ситуация будет присутствовать и после перехода на ЦТВ, пока все такие антенны не спилят...

Ниже приведены схемы фильтров, которые помогут улучшить развязку между любительской передающей аппаратурой и ТВ (АТВ и ЦТВ). Фильтры направлены на подавление внеполосных излучений и могут устанавливаться как между выходом передатчика (трансивера) и входом усилителя мощности, так и на выходе последнего – в антенном тракте. Комбинаций связей между входом и выходом каждого фильтра (согласование) - множество, поэтому ниже показаны лишь некоторые, которые можно применить (скомбинировать) и в том, и в другом случае. Помнится случай на нашей областной Станции Юных Техников: начинающий коротковолновик, при испытании самодельного передатчика, упорно не хотел устанавливать фильтр в тракт антенны, мол в нём всё и “остаётся”, неоновая лампочка сильнее горит без фильтра, после анализа оказалось, что без фильтра в антенну “лез” весь конгломерат комбинационных и гармонических составляющих, заставляющих “неонку” светиться ярко, после фильтрации, в антенну пошла лишь нужная часть этого “спектра”, оставив “ТВ-помехи” дома... Да, лампочка стала светить менее ярко, но стала светить “по делу”, в любом фильтре, конечно же, затухание и полезного сигнала присутствует, но оно не такое драматичное и его степень зависит от конструктора, который, где нужно и материал подберёт и подшлифует и посеребрит... Наверное, повторюсь, но более эффективными фильтрами являются резонансные полосовые, простейшим представителем которых является “одинокий” резонансный контур. Свойства его таковы, что, конденсатор и катушка, будучи включенными параллельно друг другу, выделяют сигналы резонансной для контура частоты, если они включены параллельно выходу генератора и нагрузке и подавляют – когда включены между генератором и нагрузкой. Функции последовательного резонансного контура – прямо противоположны: при включении параллельно выходу генератора и нагрузке, сигналы резонансной частоты подавляются (замыкаются), при

включении между выходом генератора и нагрузкой, - пропускаются. Главное здесь в оптимальном согласовании резонансного контура с выходным импедансом генератора – с одной стороны и нагрузкой – с другой. Это согласование, во избежание потерь и ложных настроек, нужно обязательно производить по приборам, лучше всего визуально (например, по ИЧХ), значительно хуже и дольше – методом генератора-вольтметра-рефлектометра.

Ниже, в списке литературы, приведена лишь крошечная часть материалов по теме фильтрации и защите от TVI и RFI. Следует отметить, что тема устранения помех никак не решается со стороны изготовителей бытовой приёмной аппаратуры, напротив, её стараются до предела упростить, снижая затраты и обеспечивая максимальный доход. Поэтому, если у Вас по-соседству обитает агрессивный меломан, предложите ему установить антенный фильтр верхних частот (ФВЧ) на входе телевизора или радиоприёмника, изготовленный Вашими руками [ 6, 9 ]. Вы, с помощью фильтра, давите гармоники у передатчика, а сосед – на входе приёмного аппарата. Эффективность подавления помех такого тракта очень высока, несмотря на то, что придётся сделать фильтры всему страдающему окружению. Фильтры можно и нужно согласовывать с помощью рефлектометров (КСВ-метров), хотя с помощью ИЧХ это решается в комплексе с настройкой фильтра на резонансную частоту, распределением настройки контуров по диапазону и взаимной связи (индуктивно-ёмкостной) контуров в многоконтурном фильтре.

Простейшим фильтром будет являться одиночный высокочастотный резонансный контур. В простейшем исполнении: согласование с ним передатчика и нагрузки (антенны) может производиться кондуктивно (автотрансформаторно), путём подбора отводов от катушки (спиральный резонатор) – Рис. 2 или вибратора резонатора (коаксиальный резонатор) – Рис. 3. Настройка на середину рабочего участка резонатора по частоте производится подстроечным конденсатором, на котором имеется максимум напряжения, определяющий необходимое качество этого конденсатора, который должен быть вакуумным или с воздушным диэлектриком с достаточным расстоянием между обкладками (пластинами).

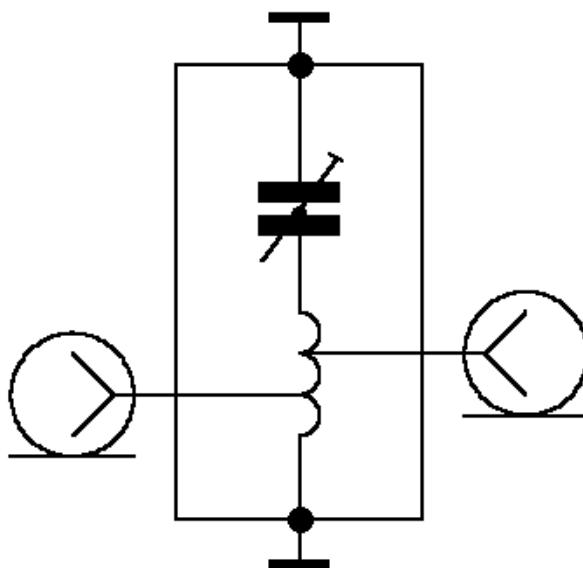


Рис. 2. Четвертьволновой спиральный резонатор с кондуктивной (непосредственной, автотрансформаторной) связью с генератором и нагрузкой. Схема принципиальная электрическая

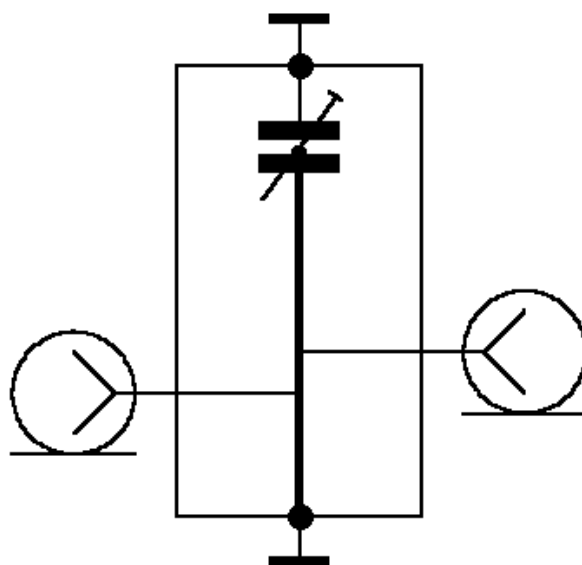


Рис. 3. Четвертьволновой коаксиальный резонатор с кондуктивной (непосредственной, автотрансформаторной) связью с генератором и нагрузкой. Схема принципиальная электрическая

На Рис. 4 показана индуктивная связь с коаксиальным резонатором по входу и выходу. Со входа резонатор возбуждается от генератора (передатчика) на его резонансной частоте, а с выхода производится “отбор мощности“ очищенного от посторонних “призвукв“ за счёт резонанса колебаний. Длину петель связи и расстояния до резонатора, обеспечивающие оптимальные связи с резонатором необходимо подобрать экспериментально. Конкретный пример применения подобного ПФ рассмотрен в [ 2 ].

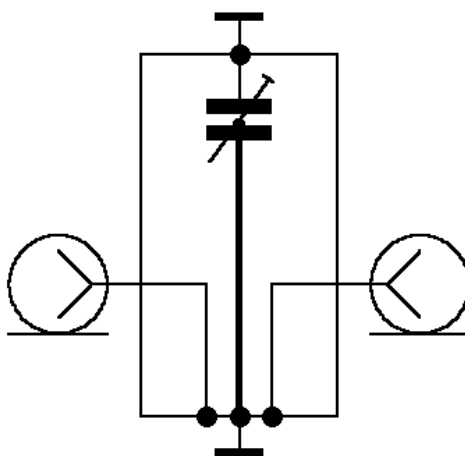


Рис. 4. Четвертьволновой коаксиальный резонатор с индуктивной (трансформаторной) связью с генератором и нагрузкой. Схема принципиальная электрическая

Подобный резонатор (на низких частотах для уменьшения размеров, вместо коаксиальных, можно применять спиральные резонаторы с катушками связи) удобно применять для развязки, например, антенной цепи и приёмника и одновременного заземления, например, для грозозащиты. Неудобство составляют лишь манипуляции при настройке, связанные с перемещением петель связи и подбором их длины. На Рис. 5 приведён вариант с включением подстроечного конденсатора последовательно с петлёй связи. Вращением ротора этого конденсатора можно осуществлять согласование резонатора с нагрузкой. С другой стороны резонатора можно применить аналогичную схему согласования, если не требуется гальваническая связь с заземлением (общим проводом резонатора).

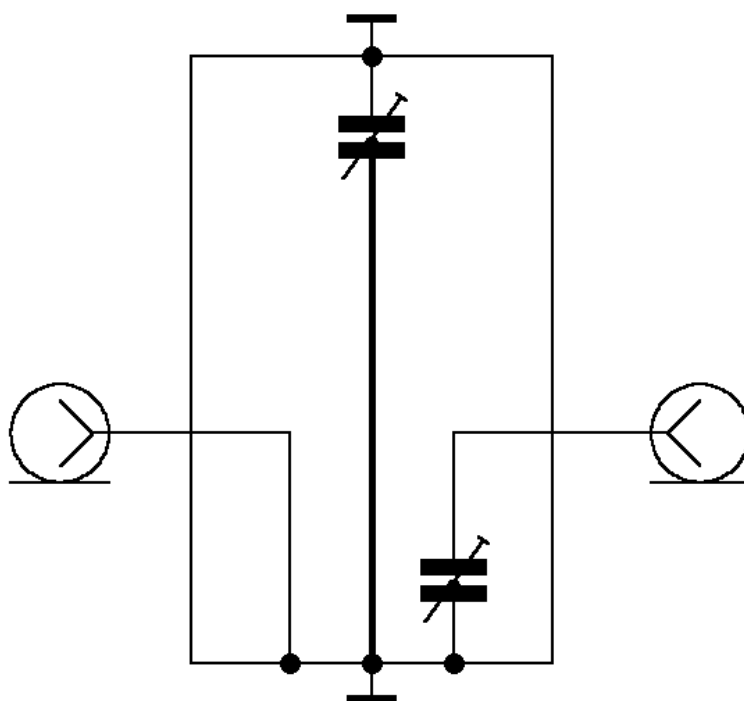


Рис. 5. Четвертьволновой коаксиальный резонатор с комбинированной связью с генератором и нагрузкой. Схема принципиальная электрическая

Спиральный резонатор – высокодобротный резонансный контур, сверхвысокоточный контур – коаксиальный резонатор, принципы реализации фильтров на их основе идентичны, хотя имеют свою специфику. Как правило последние, из-за внушительных размеров, позволяющих “распрямить” катушку в линию, используются на более высоких частотах, работают при меньших емкостях. На Рис. 6 приведена схема четвертьволнового двухконтурного (двухрезонаторного) ПФ. При большой добротности резонаторов взаимная их связь в фильтре оказывается очень большой, что не позволяет получить узкополосную результирующую АЧХ фильтра: между катушками вводится экран, в котором делается отверстие в которое вставляется зонд, выполненный из проводника, торцы которого располагаются у витков катушек, обеспечивая оптимальную связь в ПФ (определяется в процессе настройки). Для коаксиальных фильтров, как более добротных и высокочастотных, зонд оказывается ненужным, достаточно окна в экране между резонаторами, размерами окна варьируется междурезонаторная связь в ПФ (Рис. 7).

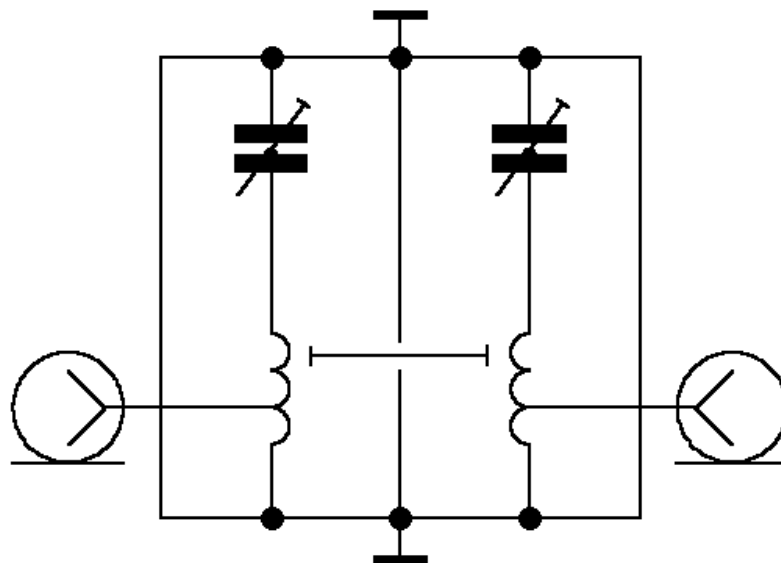


Рис. 6. Четвертьволновой двухконтурный фильтр на спиральных резонаторах с ёмкостным зондом в качестве элемента связи. Схема принципиальная электрическая

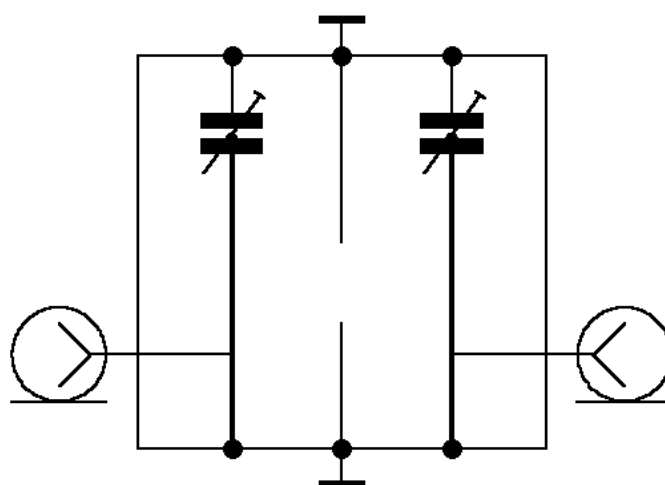


Рис. 7. Четвертьволновой двухконтурный фильтр на коаксиальных резонаторах с окном в экране для оптимальной связи резонаторов. Схема принципиальная электрическая

На Рис. 8 приведена схема трёхконтурного ПФ с непосредственной связью между контурами, чем выше добротность катушек контуров (резонаторов) и уже полоса пропускания ПФ, тем к меньшей части витков катушек параллельных контуров, считая от общего провода, нужно подключать последовательный контур. Схема такого фильтра имеет паразитный резонанс системы двух катушек, соединяемых непосредственно, поэтому на Рис. 9 приводится более совершенный ПФ с внутриёмкостной связью, который несколько сложнее в реализации, однако, имеет лучшую АЧХ. Общая ёмкость, соединённых последовательно конденсаторов, включаемых параллельно катушкам,

вместе с ними настраивают контуры на рабочие частоты (в рабочей полосе), а соотношение этих емкостей обеспечивает согласование внутри ПФ.

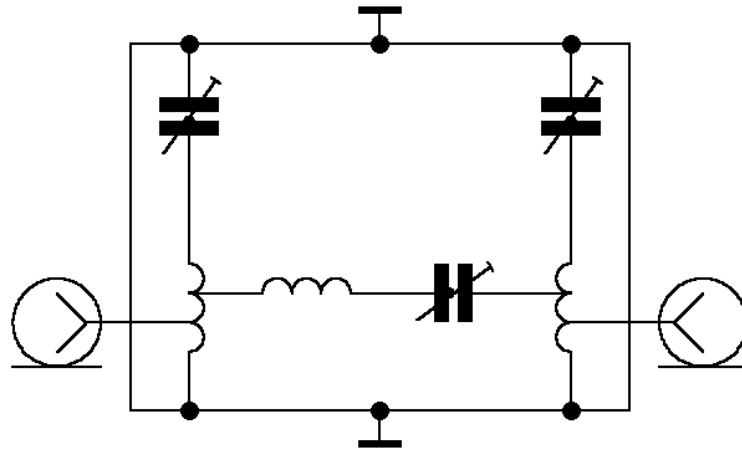


Рис. 8. Трёхконтурный полосовой фильтр (ПФ) с использованием параллельных и последовательного резонансных контуров (спиральных резонаторов). Схема принципиальная электрическая

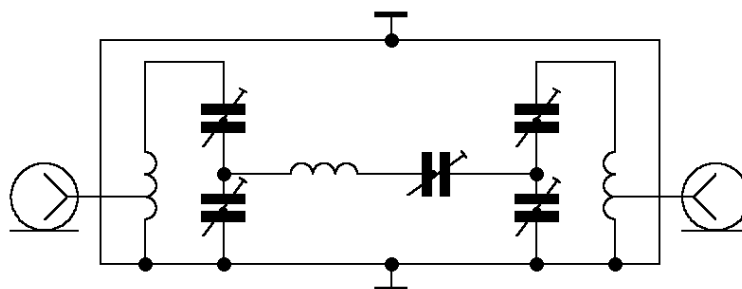
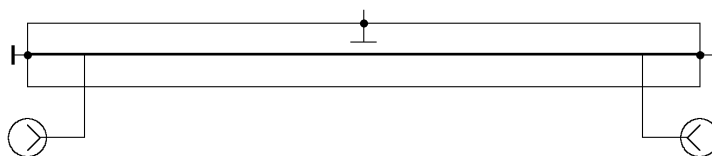


Рис. 9. Трёхконтурный полосовой фильтр (ПФ) с использованием параллельных и последовательного резонансных контуров (спиральных резонаторов) с внутриёмкостной связью. Схема принципиальная электрическая

Улучшения параметров фильтров (степени подавления нежелательных внеполосных сигналов) можно добиться каскадированием описанных простых ПФ на четвертьволновых элементах (т. е., имеющих максимум напряжения “вверху“ индуктивного элемента). Отдельным классом фильтров являются полуволновые ПФ (Рис. 10). Оба конца металлической (медь, латунь, алюминий) трубы запаяны и находятся под потенциалом земли. Внутри трубы продёрнут проводник (трубка малого диаметра), соединённый по торцам с заглушками трубы. Контакт должен быть очень надёжным – здесь максимум тока, материалы трубки и трубы должны минимальный или нулевой электрохимический потенциал (быть из одного металла). В центре внешней трубы выбирается сегмент, на нём закрепляется с помощью поводка с резьбой металлический кружок, служащий одной обкладкой подстроечного конденсатора. Впаяв сегмент в трубу, перемещением поводка по резьбе приближаем или удаляем кружок от внутренней трубки резонатора (вibratorа), настраивая ПФ на рабочую частоту. Настройку можно разделить: использовать два



одинаковых настроечных устройства (поводок с резьбой - кружок), расположив их симметрично от середины полуволнового резонатора (чем дальше от середины резонатора, тем меньше возможность перестройки). С одним настроечным устройством одновременно перестраиваются две части полуволнового резонатора, с двумя – по отдельности. Фильтр очень удобен, например, при включении между трансивером и усилителем мощности, позволяет отодвинуть устройство с мощным излучением подальше от оператора и трансивера и, одновременно, основательно почистить спектр излучаемых позднее сигналов. Между усилителем мощности и антенной такой фильтр может (с функцией фильтрации) служить или полностью или частично в качестве фидера, обеспечивая и приемлемый КПД фидера. Настройка такого полуволнового фильтра является довольно сложным делом: требуется кропотливая подгонка и всех “трубных” элементов и отводов от внутреннего проводника (вибратора) с полной сборкой перед новым измерением. Упростить процедуру могут помочь рассмотренные выше способы связи резонатора с помощью петель связи и подстроечных конденсаторов.



ПФ на полуволновом коаксиальном резонаторе с автотрансформаторной связью. Схема принципиальная электрическая

В диапазонах от 14 МГц и выше применяют и “печатные” катушки индуктивности и фильтры и направленные ответвители на их основе [ 3, 10, 11 ]. Добротность таких катушек оказывается достаточно большой за счёт снижения межвитковой ёмкости (фольга имеет небольшую толщину) и позволяет модифицировать габариты фильтров, хотя большую РЧ мощность через такие катушки не пропустишь... Но в приёмном тракте такие катушки вполне применимы с экранами, на которых можно размещать подстроечные элементы в виде приближаемых и удаляемых к плоскостям катушек заземлённых кружков на поводках с резьбой (конструктивных подстроечных конденсаторов). В приёмном тракте на рабочих частотах в любительских диапазонах можно применять и такие экзотические фильтры как кварцевые [ 5 ]. Режекторные фильтры [ 4, 6, 7 ] можно включать в антенный фидерный тракт как передатчиков, так и приёмников (своих и у соседей), несмотря на то, что длина, например, коаксиальных четвертьволновых режекторных фильтров легко рассчитывается как четверть длины волны для частоты, которую нужно “вырезать“, умноженная на коэффициент укорочения кабеля (значение которого ныне - непредсказуемо), лучше смотреть АЧХ такого фильтра по приборам. Кварцевые фильтры на входе приёмников применяют на КВ и нижней части диапазона УКВ (гармониковые фильтры), на СВЧ применяют фильтры на поверхностных акустических волнах (ПАВ).

- Литература:
1. Компактный полосовой фильтр для диапазона 144 МГц. Радио № 5 1975 г стр. 60 (“Old man“ № 1 1973 г)
  2. И. Григоров. Согласующее устройство диапазона 144 МГц на коаксиальном резонаторе. Радиолобитель. КВ и УКВ № 3 1998 г; [http://qrx.narod.ru/arhn/k\\_r144.htm](http://qrx.narod.ru/arhn/k_r144.htm)
  3. Полосовые фильтры и предусилители с печатными катушками индуктивности. [http://www.cqham.ru/bpf3\\_8.htm](http://www.cqham.ru/bpf3_8.htm); Bob Cooper, W5KHT "Нам

- Radio", February 1971, pp. 6...14
4. Режекторные телевизионные фильтры. <http://dl2kq.de/ant/3-42.htm>
  5. И. Белавенцев, Г. Давыдов. Повышение реальной избирательности приёмника радиоспортсмена. Радио № 5 1969 г стр. 23...25
  6. Фильтры для устранения помех телевидению и радиовещанию <http://www.cqham.ru/wfilter.htm> ; "Stub Filters Revisited" by John Regnault, G3SWX, Radio Communication (RSGB), ноябрь 1994 г.
  7. Отсасывающие контуры для передатчика на 144 МГц. <http://www.cqham.ru/tx21.htm>; D. Ronstedt. Коак-Saugkreise für den 144-MHz-Sender. FUNKAMATEUR, 1987, № 11, s. 544
  8. Д. Здобнов. Полосовой фильтр на 145 МГц. <http://www.cqham.ru/f145.htm>
  9. Christoph Petermann, DF9CY. Как изготовить хороший фильтр для подавления помех приёму телевидения? <http://www.cqham.ru/tvi8.htm>
  10. В. Беседин. КСВ-метр диапазона 144 МГц. Радиолюбитель КВ и УКВ № 3 1997 г стр. 36
  11. В. Беседин. ПФ, ФНЧ и КСВ-метр. КВ-журнал № 5 1997 г ; [http://rfanat.ru/s9/urt\\_kj597.htm](http://rfanat.ru/s9/urt_kj597.htm)

Виктор Беседин (UA9LAQ)

г. Тюмень