

СУ на 50 МГц

Полное название данной конструкции – согласующее устройство диапазона 50 МГц на основе полуволнового спирального резонатора. Была поставлена задача: создать устройство, способное согласовывать выход передатчика с нагрузкой с минимальным набором деталей и “ручек” регулировки. Для обеспечения повторяемости, изделие должно быть достаточно подробно описано. Следует заметить, что создание фильтрующих и согласующих устройств не должно происходить без применения измерительных приборов, таких как измеритель частотных характеристик (ИЧХ), генератор качающейся частоты (ГКЧ), генератор стандартных сигналов (ГСС) и РЧ вольтметр (до сих пор, по традиции или инерции, его называют ламповым вольтметром). Совсем без приборов создавать радиоустройства – занятие подобное садомазохизму, измерению напряжения в питающей электросети руками. Поэтому – зашёл с другой стороны: для индикации использовал широкодиапазонный радиоприёмник с непрерывным диапазоном или сканер, могущий детектировать телеграфные (CW) и однопольные (SSB) сигналы, в качестве “генератора сигналов” используется любой протяжённый (более 10...20 метров) изолированный провод, например, антенна КВ диапазона, китайский мультиметр позволяет измерять ёмкости конденсаторов. Вот с такой экипировкой и некоторым опытом приступил к созданию описываемого согласующего устройства (СУ).

Итак, диапазон частот определён: выбранный для своих радиоприемителей делегацией России на исполкоме ИАРУ 200-килогерцовый сегментик шестиметрового диапазона 50,080...50,280 кГц. Поскольку этот участок узок, то согласующее устройство может иметь большую добротность, обуславливающую

параметры элементов, его составляющих. Так, известно, что, чем меньше ёмкость в параллельном колебательном контуре и больше индуктивность, при условии настройки на одну и ту же частоту, – тем выше добротность контура, тем выше РЧ напряжение возбуждённого контура и на его “горячем” конце. Спиральный резонатор – это высокодобротный параллельный резонансный контур, параллельную ёмкость которого составляет лишь междувитковая ёмкость и подключаемый для уменьшения размеров резонатора подстроечный конденсатор небольшой ёмкости, обязательно либо с воздушным диэлектриком, либо – вакуумный. Напряжение на его обкладках составляет величину в десятки киловольт, поэтому зазор между ними должен быть значительным (определяется выходной мощностью передатчика и равен примерно 1 мм на 1 кВ). Чтобы не расплавить провод катушки резонатора и обеспечить его минимальный нагрев (не расстраивать фильтр термически), катушку индуктивности мотают проводом достаточного диаметра и минимального активного удельного сопротивления (серебряный провод применяется ювелирами, его применение в любительских устройствах чрезвычайно затратно, а, вот, серебрянный медный провод можно ещё найти в старых передатчиках на просторах страны), при небольшом снижении добротности будущего фильтра, можно применить и чистую медь, главное, чтобы медная проволока катушки была гладкой, не мятой. Такое условие соблюдается, если наматывать обмоточный провод для катушки резонатора прямо с бобины, с которой этот провод и продаётся, такой выбор провода позволяет ему прослужить в фильтре долго без значительного изменения параметров, так как провод покрыт стойкой эмалевой изоляцией (лаком).

Виктор Беседин (UA9LAQ)

г. Тюмень

E-mail: ua9laq@mail.ru

Чем отличаются между собой четвертьволновой и полуволновый резонаторы? По-сути: полуволновый резонатор – это два четвертьволновых (кому не нравится полуволновый резонатор, может в тех же “пенатах” (корпусе) разместить два четвертьволновых резонатора, применив два переменных или подстроечных конденсатора (КПЕ) для их перестройки). У четвертьволнового резонатора с одного его конца находится минимум напряжения и максимум тока, с другого, наоборот, – максимум напряжения и минимум тока, у полуволнового резонатора максимум напряжения находится точно посередине, а концы должны быть надёжно соединены с общим проводом (заземлены) –

рис. 1.

Не представляя себе, сколько нужно будет делать витков в катушке спирального резонатора L, взял для начала с запасом 2x25 витков, постарался оставить добротность резонатора не на совсем низком уровне и выбрал размеры экранящего корпуса как 60x60 мм (квадрат в плане, хотя, чем больше разница между внешним диаметром катушки и внутренними размерами корпуса резонатора, тем лучше), а диаметр намотки провода (оправка) 25 мм. Искал провод диаметром 3 мм, но не нашёл и остановился на 2,5 мм. Намотал половины катушки L резонатора по 25 витков на дюймовой пластиковой армированной трубе отопления (намотка в одну сторону, оставляя между половинами намотки прямой отрезок, чтобы в

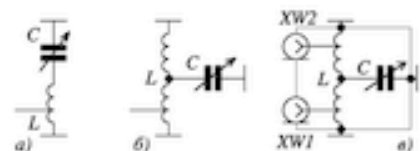


Рис. 1:

а) – контур $1/4\lambda$; б) – контур $1/2\lambda$;
в) – СУ на основе высокодобротного контура $1/2\lambda$ (спирального резонатора)

результате сгиба катушки, расстояние между осями её половин составило 60 мм). Смонтировав катушку в подготовленный корпус, подпаял оба конца к его стенкам, вставив их в просверленные отверстия в материале коробки, вход и выход СУ подпаял к отводам катушки (1...2 витка от "заземлённых" концов) – см. далее фото устройства. "Горячую" середину катушки уложил на керамический столбик (каркас от какого-то дросселя), проверил, чтобы оси половин катушки были расположены по центрам половин резонатора, подпаял переменный конденсатор с передней стороны СУ, между "горячей" серединой катушки резонатора и его корпусом. С одной стороны к СУ подключил с помощью кабелька приёмник, с другой – суррогатную антенну. Вращая ротор КПЕ (С), определил по максимумам шумов на выходе приёмника, что этот КПЕ (5...97 пФ) позволяет перестраивать СУ в пределах 30,5...12,5 МГц, соответственно (побочный результат, но для коротковолновика можно взять на заметку – готовое СУ на диапазоны 14...29 МГц!), без КПЕ, частота настройки резонатора оказалась равной 40,0 МГц. Что же, нужно уменьшать количество витков, цель – 50 МГц. Последовательно несколько раз симметрично удалял отрезки проводов, пользуясь линейкой, измеряя по миллиметрам, а не по виткам (для обеспечения строгой симметрии), растягивая обе части катушки до нахождения средней точки катушки в 30 мм от торца перегородки, пришёл к ситуации, когда в катушке осталось только 2x18 витков, СУ настраивается в диапазоне 50 МГц, но в положении ротора подстроечного конденсатора, соответствующего минимальной ёмкости (3 пФ – другой КПЕ), значит, нужно или применить КПЕ с диапазоном перестройки 1...5 пФ, или удалить ещё по одному витку, для симметрии, пользуясь линейкой, и использовать КПЕ с максимальной ёмкостью до 10 пФ. Для использования только на приём, потребуются обычный КПЕ (желательно) с

воздушным диэлектриком, для использования с передатчиком, зазор между пластинами (определяется как ограничитель мощности передатчика) должен быть как можно больше, для увеличения ёмкости, в этом случае, нужно увеличивать размеры пластин. КПЕ может быть и другой конструкции, когда одна пластина укреплена на средней точке катушки резонатора, а вторая, соединённая с общим проводом ("заземлённая"), – передвигается к первой или удаляется от неё, изменяя таким образом вносимую в резонатор ёмкость, меняя частоту его настройки. Чем больше эта ёмкость, тем меньше должна быть индуктивность в резонаторе, тем шире будет его полоса пропускания. Ведь согласующее устройство служит ещё и полосовым фильтром, подавляющим нежелательные излучения передатчика в антенну (ниже по частоте – комбинации частотообразования, выше – гармоники). В режиме приёма помощь СУ-фильтра будет тоже существенной, ослабляя мощные сигналы (помехи) служб – соседей по эфиру.

В дальнейшем, с согласующим устройством на резонаторе на 50 МГц перепробовал все имеющиеся у меня КПЕ, с малой начальной ёмкостью, ещё по одному витку убрал, в катушках СУ осталось по 17 витков в каждой половине, закрыл крышку корпуса СУ, значительно снизился уровень помех на приём, видимо, местных от цифровой техники, спектр которых лежит ниже 50 МГц, и от вещалок УКВ FM местных (за счёт высокой добротности СУ-фильтра) сверху по частоте. С проводком-антенной (остатком старой телефонной проводки, который кончается где-то на чердаке) порой удаётся принимать метеорные отражения сигналов на частоте 50,313 МГц (это частота общего вызова для цифровых сигналов типа FT-8), кто работает, сказать трудно, так как нет цифрового демодулятора. Расстояние до ближайших станций большое и только до Алма-Аты порядка 1700 км, остальные – дальше (Украина, Крым,

Прибалтика, Япония). Для возможности работы на передачу, КПЕ с большим зазором и с ёмкостью 1...10 пФ не нашёл, пока – в поиске. Конструктивный конденсатор из полосок стеклотекстолита с резьбовым поводком пока не реализовал полностью, проблема с перемещением при хорошем контакте винта с корпусом фильтра (нужны соответствующие материалы и мелкая резьба), хотя такой эксперимент позволил выявить способ высокоимпедансного подключения антенны через поводок незаземлённой обкладки этого конструктивного конденсатора, при одновременной настройке СУ-фильтра в резонанс. Этот конструктивный конденсатор представляет собой полосу фольгированного стеклотекстолита размером 90x30 мм, припаянную к середине катушки резонатора так, чтобы она находилась по центру корпуса по высоте, другой обкладкой является диск диаметром 57 мм с поводком, припаянным к диску в отверстие в его центре, на поводке нарезана резьба, с помощью которой производится перемещение диска относительно выше упомянутой полоски, изменяя расстояния между обкладками конструктивного конденсатора (принципиальная схема СУ не изменяется при этом и соответствует рис. 1в в тексте статьи). Если поводок с диском не соединять с корпусом СУ, получится выше упомянутое высокоимпедансное подключение антенны к СУ, с возможностью регулировки связи с этой (короткой) антенной, подключаемой к поводку, при этом перемещение диска конструктивного конденсатора винтом-поводком следует производить диэлектрической отвёрткой или ручкой большого диаметра из диэлектрика, для уменьшения расстройки резонатора, при приближении рук.

В статье сознательно не приводится никаких технических характеристик, так как таковые могут быть получены с помощью различных анализаторов, здесь же приведена лишь та "удочка", с помощью которой

(не имея серьёзных приборов) можно создать экспериментальный работающий образец и можно уже "ловить рыбу", а оценку (юстировку, "оттачивание" и "вылизывание") произвести позднее, строго по приборам, когда можно будет и "подправить удилице", подобрать "лесу", "поллавок", "грузило", "крючок" и "наживку"... Позднее, по приборам, можно подобрать точнее и отводы от катушки резонатора для подключения передатчика и нагрузки. Для обеспечения симметричности СУ, можно подбирать методом (многократно) приближения к оптимуму, меняя вход и выход устройства. Без приборов отводы производят между 1 и 3 витками, например, 50-омный кабель подключается между 1 и 2 витками, 75-омный – между 2 и 3.

СУ можно использовать и в качестве фильтра с подстроечным конденсатором вместо КПЕ, при таком узком участке рабочих частот, тем более, при работе, например, только телеграфом (30...40 кГц), можно раз настроить СУ и не трогать, но, если потребуются, например, смена антенны, подключение другого трансивера, то настроить в резонанс спиральный резонатор придётся заново, обеспечивая согласование на фильтре (подробнее в [1].)

На основе этой разработки, меняя количество витков катушек и КПЕ с разными начальными и конечными емкостями, можно изготовить согласующие устройства и для других диапазонов, от 1,8 МГц до 29 МГц

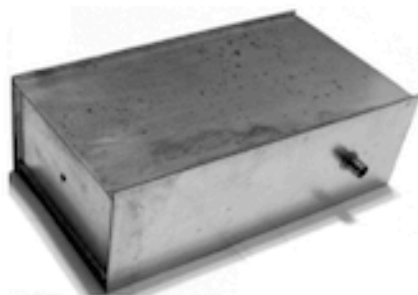


Рис. 2. Фото корпуса СУ в сборе. На боковых стенках установлены розетки РЧ соединителей типа BNC. На передней торцевой стенке в её центре видно отверстие под ось КПЕ, пока, к сожалению, отсутствующего (с большим зазором)

на КВ и 50...1296 МГц. В последнем случае придётся учитывать размеры получившегося уже коаксиального резонатора, и подкорректировать размеры корпуса СУ, также изменить способ перестройки частоты СУ, который может быть плунжерным.

Полуволновый резонатор по действию эквивалентен двум четвертьволновым спиральным резонаторам на одинаковую частоту, но допускает применение одного настроенного органа (КПЕ) – **рис. 1в**. Подключив СУ между трансивером и антенной, вращением ротора его КПЕ (С), настраиваем СУ на максимум шумов приёмника, окончательная (точная) настройка осуществляется в режиме передачи по минимуму показаний встроенного в трансивер КСВ-метра, или отдельного, включенного между выходом передатчика трансивера и СУ. После настройки КСВ-метр из тракта не удаляется.

Корпус СУ можно изготовить из фольгированного стеклотекстолита, хотя лучшим материалом будет серебряная полированная до блеска внутри резонатора медь, латунь. Поскольку стеклотекстолит фольгируется медной фольгой, которая, благодаря наклеиванию под

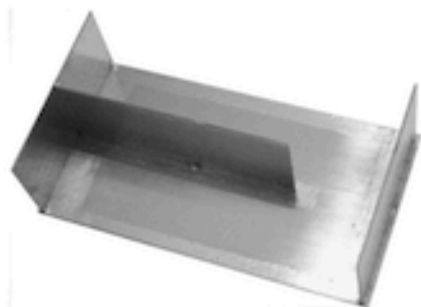


Рис. 3. Начальный этап сбора корпуса СУ из вырезанных и подготовленных панелей. Все углы панелей перед монтажом доводятся до прямых (90°), при монтаже также соблюдаются прямые углы установки панелей относительно друг друга, что удобно устанавливать с помощью угольника или детских кубиков. Панели временно фиксируются "прихватками" – порциями расплавленного припоя в нескольких точках на каждой панели

прессом и температурой, может длительное время быть в фиксированном стабильном состоянии, а РЧ токи, согласно скин-эффекту, распространяются только в поверхностном слое, то можно этим воспользоваться: посеребрить медь и отполировать с помощью пасты ГОИ, например. То же можно сделать, если нормальное серебрение отсутствует, – отполированная медь (по неофициальным данным "работает" хуже серебра лишь на 3%), что может оказаться подспорьем в деле самостоятельного производства различного рода фильтров и согласующих устройств; фильтры, выпускаемые промышленностью, неподъемно дороги... Медная поверхность корпуса СУ (свёрнутого спирального резонатора) зачищается изнутри до зеркального блеска, по сторонам (по периметру образующих корпус панелей), для спаивания между собой, производится лужение полосок шириной

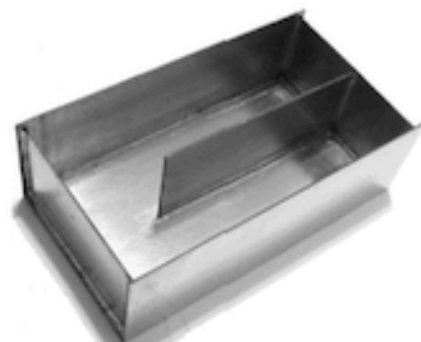


Рис. 4. На следующем этапе устанавливаются боковые панели корпуса и все швы пролаиваются, изнутри – серебряным бессвинцовым припоем, снаружи – обычным ПОС-61. Как видно из фото, передняя и задняя (торцевые) панели устанавливаются не на самом краю, образуя кантики, которые позволяют спаивать панели как изнутри, так и снаружи, что повышает прочность корпуса СУ. Такие же кантики образуют боковые панели с нижней и верхней панелями (крышкой) корпуса, к которой припаяется оплётка от экранированного провода с целью надёжного замыкания крышкой корпуса-экрана по периметру и перегородки свёрнутого резонатора. Возможна припайка этого экранирующего чулка и внутрь по внутреннему периметру корпуса и на перегородку



Рис. 5. Эскиз верхней и нижней панелей корпуса СУ. Они – одинаковы. Размеры 230x120 мм. Все панели изготовлены из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита толщиной 1,5 мм, с внутренней стороны панели пролужены полосками шириной по 5...10 мм по периметру и по осевой линии (по центру) на длине перегородки

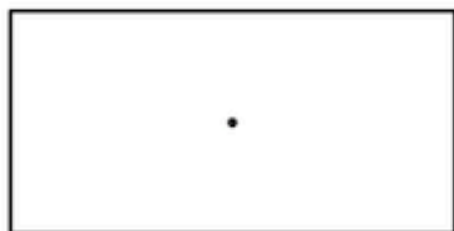


Рис. 6. Эскиз передней и задней стенок корпуса СУ. Они одинаковы, за исключением: на передней стенке имеется сквозное отверстие по центру для прохода оси КПЕ и, возможно, его крепления, если не предусмотрено дополнительное. Размеры этих панелей 120x60 мм

по 5...10 мм припоем, содержащим серебро (бессвинцовым, например, для монтажа аудиоаппаратуры используется такой припой с температурой плавления 221°C). Лужение нижней стенки



Рис. 7. Эскиз боковых панелей корпуса. Обе – одинаковы. Их размер: 230x75 мм. В обеих панелях имеются отверстия, расположенные по продольным осевым линиям: на расстоянии 30 мм от ближайших торцов – отверстия диаметром 2,5 мм для крепления пайкой "холодных" концов катушки спирального резонатора, на расстояниях 50 мм – для установки РЧ розеток (для крепления розеток типа BNC выпиливается отверстие сложной формы с малым диаметром 9 мм и большим диаметром 12 мм – определяется по месту под имеющиеся розетки)

корпуса и крышки производятся также по длине перегородки в средней части этих панелей. Для лучшего контакта крышки корпуса по периметру и над перегородкой лучше припаять лужёную оплётку от экранированного провода. Все пайки швов и, вообще, все пайки внутри корпуса производятся только серебряным припоем, с наружной стороны – обычным



Рис. 8. Эскиз панели разделительной перегородки свёрнутого полуволнового спирального резонатора. Она одна и имеет размеры 600x150 мм. Припаивается с обеих сторон к нижней панели корпуса СУ и одним из торцов (также с обеих сторон) – к задней панели корпуса (см. рис. 2)

ПОС-61. Лужение полосок по периметру производится достаточно легко обычным паяльником с регулируемой температурой жала (паяльная станция, например), пропайка швов изнутри потребует уже 100-ваттного паяльника, пайку производить с достаточным количеством флюса, например, R41i. Пайку желательно производить без комков и подтёков, перемещая жало паяльника вдоль спаиваемых поверхностей.

Резку листового стеклотекстолита желательно проводить без его деформации (выпиливание ножовкой, резка на гильотине) или вырезать ножницами, предназначенными для резки толстых материалов (они меньше деформируют материал). Правильность углов (90°) проверять по угольнику (слесарный инструмент), тщательно и точно подгоняя панели будущего корпуса СУ друг к другу напильниками, надфилем, шлифовальной бумагой, расстеленной на ровной поверхности, – от этого будет зависеть внешний вид изделия, качество его работы и настроение работать с созданным изделием.

Никаких отверстий, щелей, непропаев в корпусе СУ быть не должно.

На рис. 2 приведён внешний вид корпуса СУ.

На рис. 3-7 порядок сборки, детализация панелей и вид собранного рабочего СУ изнутри.

На рис. 8-11 (см. также обложку журнала) приведены несколько фото готового СУ-50.

В довершение к создавшейся ситуации, чтобы убрать некоторые вопросы, сообщаю, что на фото виден лишь подпаянный небольшой КПЕ с малыми зазорами между пластинами, пока не нашёлся нормальный для этой конструкции КПЕ, этот отлично работает, но пока лишь на приём... Возможно, из-за невозможности приобретения нормального КПЕ с большим зазором (1... 10 пФ) и длинной осью для возможности управления ручкой, КПЕ с большим зазором между пластинами, скорее всего, придётся делать самому...

На задней стенке корпуса имеются два прилива, по центру образованных камер резонатора, в их основаниях были просверлены отверстия под "холодные" концы катушки, там производились пайки. Конструктивно, в этом случае, труднее получать витки одинаковой конфигурации, да и путь соответствующих цепей для тока по общему проводу позднее был сокращён припайкой вышеупомянутых концов катушки к логически более правильным – боковым панелям.

Конструкция экспериментальная, поэтому некоторые условия приходилось менять на ходу: например, сначала хотел облудить серебряным припоем всю внутреннюю поверхность резонатора, затем – отполировать, однако, вовремя остановился, так как имеющегося "серебряного" припоя могло не хватить на сплавление панелей между собой...

Опорный для центра катушки изолятор взят от РЧ дросселя, длина его керамического корпуса (столбика) оказалась порядка 30 мм



Рис. 8



Рис. 9



Рис. 10



Рис. 11

и позволяет располагать проводник катушки на уровне центра резонатора. Крепление изолятора, как к проводу катушки, так и к нижней панели корпуса, можно произвести проволочками, припаянными к выводам корпуса дросселя, можно изолятор и приклеить, сняв механические напряжения с "пружин" катушки. Такую же функцию могут выполнять корпуса предохранителей, с убранным внутренним проводником, старые резисторы типа

ВС с удалённым проводящим слоем или просто столбик из хорошего изоляционного материала (керамики, фторопласта (тефлона), оргстекла, стеклотекстолита).

Литература

1. В. Беседин. Фильтр – согласующее устройство. - Радиолобитель, 2018, №12, стр. 32...33.