

Виктор Беседин (UA9LAQ)

г. Тюмень

E-mail: ua9laq@mail.ru

## СУ на УКВ в виде П-контура

Устройства связи и согласования радиоприёмной и радиопередающей аппаратуры с антеннами известны давно и успешно применяются в широкой полосе частот, позволяя осуществлять приём и передачу электромагнитной высокочастотной энергии с минимальными потерями. Если в приёмном тракте до некоторой степени можно пренебречь как настройкой антенны на рабочую частоту, так и согласованием, более того, применить случайную (суррогатную) антенну, надеясь на высокую чувствительность приёмника и высокую энергетику сигнала корреспондента, то на передающей стороне такие «фокусы» не проходят, и остро встаёт вопрос резонансной антенны и оптимального согласования во всех звеньях передающего тракта: между каскадами передатчика, между возбудителем и усилителем мощности, между усилителем мощности и антенным фидером, между фидером и антенной. Сама антенна также является звеном связи и согласования со средой – электромагнитным полем, причём, антенна электрического типа, например, – диполь, осуществляет ёмкостное возбуждение поля; рамка, как антенна магнитного типа – индуктивное. Это – в идеале, в действительности осуществляется комплексное возбуждение этого неразрывного конгломерата (электромагнитного поля) как по электрической, так и по магнитной составляющим, а от типа антенны (электрического или магнитного типа) зависит лишь преобладающая

степень воздействия (ёмкостная или индуктивная).

Согласующие устройства (СУ) обычно входят в состав всякого («уважающего себя») передающего устройства, и только современные технологические приёмы заставили вывести их наружу. Дело в том, что все точные изделия, переключатели и подстроечные элементы (например, КПЕ) очень нетехнологичны в производстве, громоздки, требуют много времени и трудозатрат на изготовление и монтаж, в результате страдает бизнес (напомню, что у нас в стране по неофициальной статистике это слово – ругательное). Так вот, всё, что задерживает производство, а, значит, и торговлю, получение прибыли, отмечается, относительно радиоаппаратуры, из состава, например, трансиверов, убирается всё вышеупомянутое, заменяется формированием на уровне внутренностей микросхем, переключатели заменяются электронными ключами, выходные цепи не имеют порой элементарных фильтрующих элементов и органов настройки, согласования (широкополосные выходы). Всё рассчитано на применение внешних устройств (фильтров, СУ), за которые, – правильно, – снова нужно заплатить. В результате современный эквивалент вчерашней напольной стойки приёмопередатчика превратился в маленький настольный аппарат, к которому нужно подключать полкомнаты аксессуаров, чтобы быть сравнимым по параметрам выходного сигнала.

СУ порой встраивают в аппараты промышленного изготовления, мало того, они бывают ещё и автоматические, но это аппараты уже совсем другого ценового сегмента.

Итак, Вы приобрели трансивер, но, чтобы его эффективно использовать с имеющейся антенной, необходимо СУ. Их схемы известны, но, в основном, применяются три: схема с внутри-ёмкостной связью (рис. 1), Т-образная (рис. 2) и П-контур (рис. 3). На КВ (как внешнее СУ) чаще всего применяются первые две, причём вторая, как менее затратная по материалам, применяется чаще всего в промышленных моделях СУ (тонерах). Такое СУ требует всего два КПЕ относительно малых максимальных ёмкостей (порядка 300...500 пФ), правда, их статоры необходимо изолировать от корпуса СУ и одну катушку с изменяемой индуктивностью (вариометр или катушку с переключением витков переключателем), – см. рис. 2. Два КПЕ соединены последовательно, следовательно, без «прошивания» РЧ энергией могут выдержать большую мощность и при меньшем зазоре между пластинами. Первая схема немного сложнее, чем вторая, но требует применения КПЕ с увеличенным зазором между пластинами, статоры должны быть также изолированы от общего провода – см. рис. 1. Это СУ более узкополосное и позволяет лучше фильтровать спектр выходных сигналов передатчиков, чем в Т-образной схеме. Перейдём к П-контур – см. рис. 3. Ранее в ламповых выходных каскадах прямо на практике определяли, что в П-контуре для анодного конденсатора требовался конденсатор с

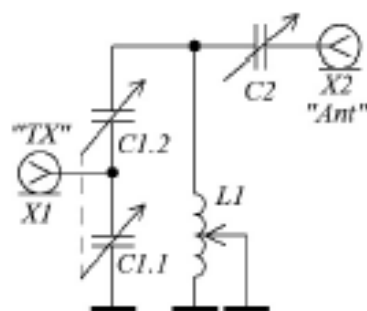


Рис. 1. Схема СУ (тонера) с внутри-ёмкостной связью

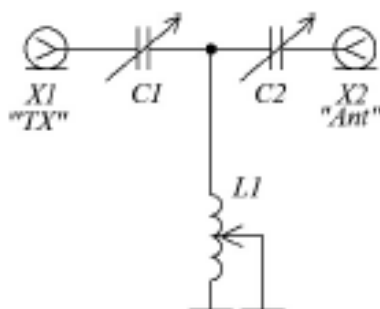


Рис. 2. Т-образная схема СУ

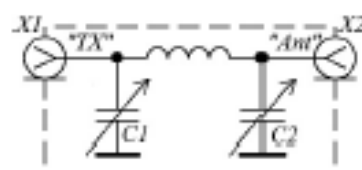


Рис. 3. Схема СУ в виде П-контура

ёмкостью порядка 300 пФ и приличным зазором между пластинами (не менее 1 мм на 1 кВ действующего в этой цепи РЧ напряжения), так как в этом месте имелся очень большой РЧ потенциал (выходное сопротивление (импеданс) радиоламп составляет килоОмы). Напротив, по другую сторону П-контура (на выходе) имеется низкое сопротивление (импеданс) – 50... 75 Ом, и КПЕ может иметь малый зазор между пластинами (низкое напряжение РЧ), однако, максимальная ёмкость КПЕ здесь должна равняться примерно 1500...2200 пФ. В П-контуре происходит трансформация импедансов – при этом: РЧ напряжение уменьшается, а ток увеличивается, а выходная мощность передатчика:  $P_{вых} = U_{вых} \times I_{вых} - P_{потерь}$ , потери при этом в П-контуре, относительно других СУ, будут меньше из-за отсутствия последовательных емкостей. Преимущества П-контура, если исключить некоторые неудобства, очевидны: статоры КПЕ могут быть соединены с общим проводом, П-контур представляет собой резонансный фильтр нижних частот с заданной конструктивно частотой среза, что способствует подавлению гармонических составляющих в выходном сигнале передатчика (ФНЧ).

В диапазоне УКВ и выше применение в СУ КПЕ с малыми ёмкостями и незаземлёнными статорами приводит либо к большой критичности настроек, влиянию рук и окружающих предметов, любых неплотностей конструкции корпуса СУ. П-контур же будет более желателен: большая поверхность общего провода, с ним соединены и статоры КПЕ, отсюда минимально влияние окружения

и рук оператора, последовательных емкостей нет, отсюда – выше КПД СУ. Согласование осуществляется вблизи импеданса 50 Ом со стороны выхода передатчика и входа (фидера) антенны, отсюда – ёмкости КПЕ могут быть одинаковыми (одинаковой ёмкости или чуть больше в пользу антенного [1] и иметь небольшие зазоры между пластинами статора и ротора, ведь согласование происходит на низких сопротивлениях (импедансах) – 50/50 Ом, значит, при низком РЧ выходном напряжении). Особенностью создания СУ на УКВ и СВЧ нужно назвать их монодиапазонность: именно в пределах одного диапазона можно обеспечить самые высокие параметры согласования. Если необходимы СУ на несколько диапазонов, то лучше изготовить блок из СУ (или отдельные на каждый диапазон), например, на два диапазона (50 МГц и 144 МГц или 144 МГц и 432 МГц), см. рис. 4. В этом случае, отсутствуют переключения индуктивностей и конструктивные ёмкости дополнительных проводов отводов, катушка П-контура (или полосковая линия) монтируется непосредственно на выводах КПЕ, которые непосредственно связаны с выходным и входным РЧ соединителями. В [1] рассмотрена компромиссная схема модернизации готового СУ на 50 МГц путём введения дополнительного переключателя с целью использования СУ и в диапазоне 144 МГц – см. рис. 5. Безусловно, такая модернизация ухудшает фильтрационную способность П-контура (закороченные витки снижают добротность катушки на 144 МГц), но позволяют сэкономить на КПЕ, однако, при переходе с диапазона на диапазон, приходится “перекручивать”

соединители как со стороны передатчика, так и со стороны антенны, и щёлкать переключателем. Некоторое улучшение параметров этого СУ на два диапазона можно достигнуть, если сменять катушки полностью с помощью двух-галетного переключателя, подключая их к КПЕ. На рис. 6 показана схема двух-диапазонного двойного П-контура, который позволяет улучшить и фильтрационную способность СУ, которая с повышением частоты, увы, падает. Обратите внимание на фото (рис. 7) промышленного СУ (тюнера). На УКВ применяется однозвенный узел согласования, на СВЧ – двухзвенный, причём, органы регулировки в диапазонах – отдельные. Обычно на практике названия “СУ” и “тюнер” не разделяют, но тюнер – устройство комбинированное и состоит из собственно СУ и измерителя коэффициента стоячих волн (КСВ-метра) и измерителя выходной мощности, которые являются индикаторными при настройке и эксплуатации передатчиков.

Схем КСВ-метров (рефлектометров) опубликовано много, например, [2] – для КВ, [3] – для УКВ и т.п., а для СУ можно взять такие параметры составляющих СУ компонентов: КПЕ можно применять с максимальной ёмкостью до 100 пФ для диапазона 50 МГц, 50 пФ – 144 МГц и 25...30 пФ – 432 МГц. В качестве КПЕ удобно применять КПЕ типа “бабочка” – для диапазона 50 МГц ротор заземляется, таким образом, оба статора соединяются параллельно; для 144 и 432 МГц один из статоров заземляется (соединяется с общим проводом), ось ротора вращается с помощью вставки из РЧ диэлектрика, таким образом, максимальная

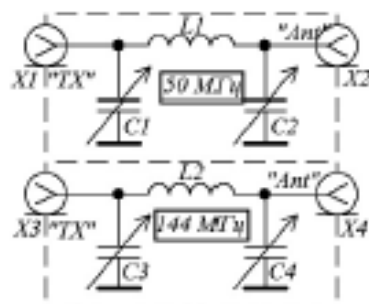


Рис. 4. Схема блока СУ на два УКВ-диапазона

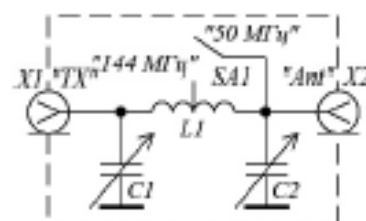


Рис. 5. Допустимая схема СУ на два УКВ-диапазона [1]

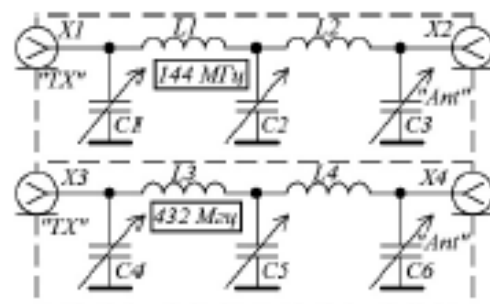


Рис. 6. Схема двойного П-контура на два диапазона (УКВ и СВЧ)



Рис. 7. Фото промышленного антенного тюнера; как видно, СУ на более высокочастотный диапазон (420...460 МГц) содержит больше органов настройки, чем на диапазон 136...175 МГц и органы настройки для разных диапазонов индивидуальны

ёмкость КПЕ уменьшается вдвое и отсутствует трущийся контакт, что положительно сказывается на стабильности выходной РЧ мощности при настройке и повышается ресурс КПЕ. Количество витков катушки L – 3 витка посеребрённого медного провода диаметром 1,0...2,0 мм, намотанного на дюймовой оправке (25,4 мм) для диапазона 50 МГц (например, в MFJ-906), для 144 МГц – то же, но 1,5 витка, длина линии 60 мм из посеребрённого провода диаметром 3 мм или шинки для диапазона 432 МГц. Для повышения добротности катушки L, её поверхность необходимо отполировать до блеска, серебрённую поверхность полируют льняной материей. Если нет возможности применения серебрённого провода, применяют обычный обмоточный, не удаляя изоляции, поверхность провода под изоляцией достаточно гладкая, а лаковая изоляция позволит сохранить проводник катушки от окисления. Старый подход к выбору материалов был направлен на достижение максимальных результатов, и в технике применяли и серебрение и максимально использовали металлы с максимальной проводимостью, такие как медь; современный подход направлен на максимальную экономию, точнее, на получение максимальной выгоды (на достижение максимальных параметров по чувствительности, шумам и др. мало кто обращает внимание) и, вместо меди, применяют дешёвые заменители: например, сталь с покрытием, позволяющем лишь некоторое время (до продажи) защитить детали (их выводы) от коррозии (всякие покрытия

электроизоляционным лаком, в этом случае, лишь позволяют скрыть содеянное – не более того). Возьмите магнит и подставьте к выводам резисторов (да и некоторых конденсаторов): что, притягиваются? Медь же – немагнитный материал... Соединения во время пайки, особенно контуров, недопустимо осуществлять за счёт припоя, обязательно провод катушки должен касаться вывода той детали или корпуса, к которой припаяется, можно применять и припой с содержанием серебра, правда, они – тугоплавкие.

Создание СУ в наше время с нуля – процесс довольно утомительный. Уже давно ушли в прошлое те времена, когда в радиоприёмники устанавливали КПЕ с воздушным и даже с твёрдым диэлектриком. Ныне их можно найти лишь у перекупщиков, в то время, когда в организациях, напоминающих наш советский «Посылторг», за рубежом можно найти любой КПЕ, на любой запрос: как-то обидно за наших радиолюбителей – всегда приходится указывать аппарат, из которого КПЕ был изъят... Создание СУ следует начинать именно с поиска необходимых компонентов и, в первую очередь, – КПЕ. Найдя необходимые, приступите к компоновке СУ, при создании тюнеров необходимо ещё здесь же разместить КСВ-метр с органами управления и измерительной головкой. Кстати, КСВ-метр, использованный с СУ при согласовании антенны с передатчиком, должен оставаться в этой цепи и при работе в эфире: с одной стороны, его удаление вызовет рассогласование, с другой – исчезнет

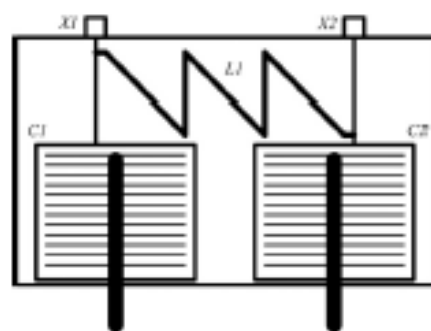


Рис. 8. Эскиз конструкции согласующего устройства на УКВ в виде П-контура к рис. 3. Соединители X1 и X2 могут быть размещены как на боковой стенке, так и на торцевых, как и на верхней крышке корпуса СУ, критерий – удобство в эксплуатации и минимальные по длине провода от П-контура до соединителей

оперативный контроль за состоянием антенны (поглощением ею, как нагрузкой, РЧ мощности передатчика).

Пользуясь условием диапазонности, катушка СУ на УКВ может быть фиксированной (без отводов, переключений и подстройки), однако, если подходить уж совсем строго, оптимального согласования достичь, в этом случае, не получится, нужен тщательный подбор индуктивности под имеющуюся нагрузку, но обеспечить приемлемые результаты работы передатчика в заданном диапазоне вполне удаётся и без ювелирной подстройки. Небольшую часть мощности поглощает само СУ (тем меньшую, чем ближе к резонансной частоте антенны находится рабочая частота передатчика и ближе условия согласования со входа на выход СУ), остальное идёт в антенну. Таким образом, все нюансы отношений между передатчиком и антенной «утраиваются» с помощью СУ, как свахой между женихом и невестой.

73!

#### Литература

1. А. Каракаптан (UY5ON). Антенный тюнер на 50 и 144 МГц. - Радио-хобби, 2005, №5, стр. 36.
2. В. Кобзев (UW4HZ). Универсальное согласующее устройство. - Радио, 1975, №9, стр. 37.
3. В. Беседин (UA9LAQ). ПФ, ФНЧ и КСВ-метр. - КВ-журнал, 1997, №5.