

МАЛОГАБАРИТНЫЙ ДИПЛЕКСЕР ДЛЯ СЛОЖЕНИЯ МОЩНОСТИ ДВУХ НЕЗАВИСИМЫХ ПЕРЕДАТЧИКОВ

Александр Титов

(РАДИОАМАТОР. – 2005. – № 1. – С. 53–55)

Домашний адрес: 634034, Россия, Томск, ул. Учебная, 50, кв. 17.

Тел. (382-2) 55-98-17, E-mail: titov_aa@rk.tusur.ru

Для сложения мощности двух независимых передатчиков в антенне предложено использовать малогабаритный диплексер, выполненный на малогабаритных направленных ответвителях и низкодобротных режекторных фильтрах. Приведены формулы для расчета элементов диплексера, обеспечивающие минимизацию потерь мощности передатчиков при заданном разносе их рабочих частот. Даны рекомендации по изготовлению элементов диплексера и методика его настройки.

Проблема сложения мощности двух передатчиков в антенне может быть осуществлена различными способами. К ним относятся использование двойного квадратного моста с полной связью на отрезках коаксиальных линий, диплексера на двух направленных ответвителях и резонаторах, системы «Квадрат» на трех направленных ответвителях и двух отрезках фидера, кольцевого частотно-разделительного устройства на фильтрах нижних и верхних частот [1–3]. Недостатком известных в настоящее время систем сложения являются их большие габаритные размеры и необходимость использования фильтров высоких порядков. Поэтому, например, в телевизионных передатчиках с выходной мощностью менее 1 кВт, составляющих около 85 % от общего парка телевизионных передатчиков России [2], используется совместное усиление радиосигналов изображения и звукового сопровождения [1, 2].

Для устранения указанного недостатка предлагается использовать малогабаритный диплексер (рис. 1), реализованный на низкодобротных режекторных фильтрах и малогабаритных направленных ответвителях (НО), где $HO1$ и $HO2$ – первый и второй НО, C и L – емкость и индуктивность режекторных фильтров, $Rб$ – балластное сопротивление, A – передающая антенна, $P1$ и $P2$ – выходные мощности первого и второго передатчиков.

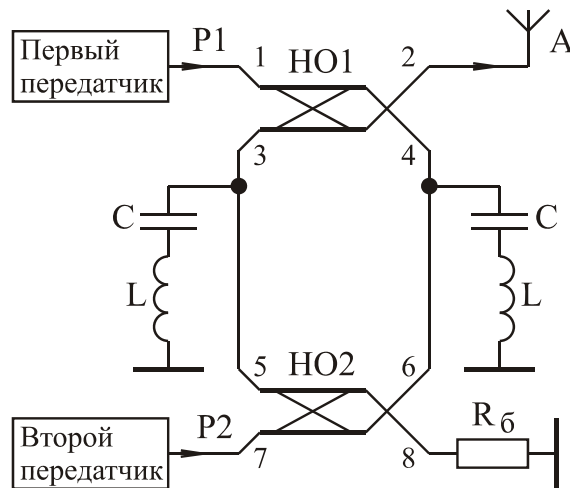


Рис. 1

Физика работы диплексера заключается в следующем. Радиосигнал с первого передатчика попадая на $HO1$ делится поровну между выходами 3 и 4, достигая режекторных фильтров отражается от них, и складывается в фазе на выходе 2. Радиосигнал со второго передатчика делится поровну между выходами 5 и 6 $HO2$, достигает $HO1$, складывается на нем и попадает в антенну. Так как добротность режекторных фильтров конечна, часть мощности второго передатчика поглощается этими фильтрами. По этой же причине часть мощности первого передатчика уходит в балластное сопротивление. Из физики работы следует, что режекторные фильтры должны быть настроены на частоту радиосигнала первого передатчика.

Традиционно, НО создаются на основе связанных четвертьволновых линий передачи и поэтому имеют большие габаритные размеры. Используемые в передающей технике высокодобротные режекторные фильтры также имеют большие габариты. Рассмотрим возможность создания малогабаритного и дешевого диплексера. Для разработки малогабаритных направленных ответвителей диплексера воспользуемся методикой их изготовления описанной в [4], модифицируя эту методику с учетом особенностей настройки разрабатываемого диплексера. В соответствии с этим, НО диплексера предлагается выполнять из двух изолированных проводов, намотанных с одинаковым шагом на цилиндрический изолятор. Изолятор помещается затем в заземленный металлический цилиндрический экран, имеющий продольную щель вдоль всей длины и плотно обжимающий намотанные на изолятор провода. С помощью регулировки длины продольной щели металлического экрана достигается коэффициент ответвления мощности равный 0,5. Габаритные размеры такого цилиндрического направленного ответвителя, настроенного, например, на частоту первого телевизионного канала не превышают в диаметре 2 см при длине 4,5 см.

Потери в режекторных фильтрах обусловлены тангенсом угла потерь конденсаторов и активной составляющей сопротивления катушек индуктивности [5]. Поэтому для изготовления режекторных фильтров были выбраны конденсаторы с воздушным диэлектриком и катушки индуктивности, выполненные из залуженного медного провода. В результате экспериментальных исследований установлено, что добротность режекторных фильтров, выпол-

ненных на указанных элементах, как в метровом, так и в дециметровом диапазоне волн оказывается не хуже чем 380...420 [6].

Используя формулы из [6] и полагая добротность режекторных фильтров равной 400, определим зависимость необходимой относительной расстройки между частотами радиосигналов передатчиков от заданных допустимых относительных потерь мощности передатчиков в диплексере и требуемые нормированные значения элементов режекторных фильтров:

$$\Omega_0 = \frac{1}{800\sqrt{\Delta P}} \sqrt{\frac{1 - \Delta P}{(1 - \sqrt{1 - \Delta P})^2} - 1}; \quad (1)$$

$$L_H = 200 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \Delta P}} - 1 \right); \quad C_H = 1/L_H, \quad (2)$$

где $\Omega_0 = \Delta\omega/\omega_0$ – относительная расстройка между частотами радиосигналов передатчиков;

$\Delta\omega$ – абсолютная расстройка;

ω_0 – резонансная частота режекторных фильтров;

ΔP – относительные потери выходной мощности радиосигналов первого и второго передатчиков, обусловленные использованием диплексера;

L_H, C_H – нормированные относительно волнового сопротивления антенно-фидерного тракта R_A и ω_0 значения элементов режекторных фильтров.

Из соотношения (1) и результатов экспериментальных исследований рассматриваемого диплексера следует, что при относительной расстройке двух передатчиков равной 7 % потери мощности в диплексере не превышают 10 %, а при расстройке 20 % составляют около 5 %. Реальные потери мощности в известных устройствах сложения составляют величину порядка 5-10 % [1-3]. С учетом этого можно рекомендовать применение малогабаритного диплексера для сложения мощности двух передатчиков, если относительная расстройка между частотами сигналов передатчиков больше 5...20 %.

Рассматриваемый диплексер был использован при построении ряда усилителей телевизионных передатчиков с выходной мощностью 100 и 200 ватт, реализованных по схеме с отдельным усилением радиосигналов изображения и звукового сопровождения, и внедренных в различных городах Сибири, Казахстана и Средней Азии [7].

На рис. 2 приведена фотография внешнего вида малогабаритного диплексера, предназначенного для сложения в антенне мощности радиосигналов изображения и звукового сопровождения передатчика 5 канала телевидения с выходной мощностью 100 Вт. Габаритные размеры диплексера составляют 180x50x20 мм.

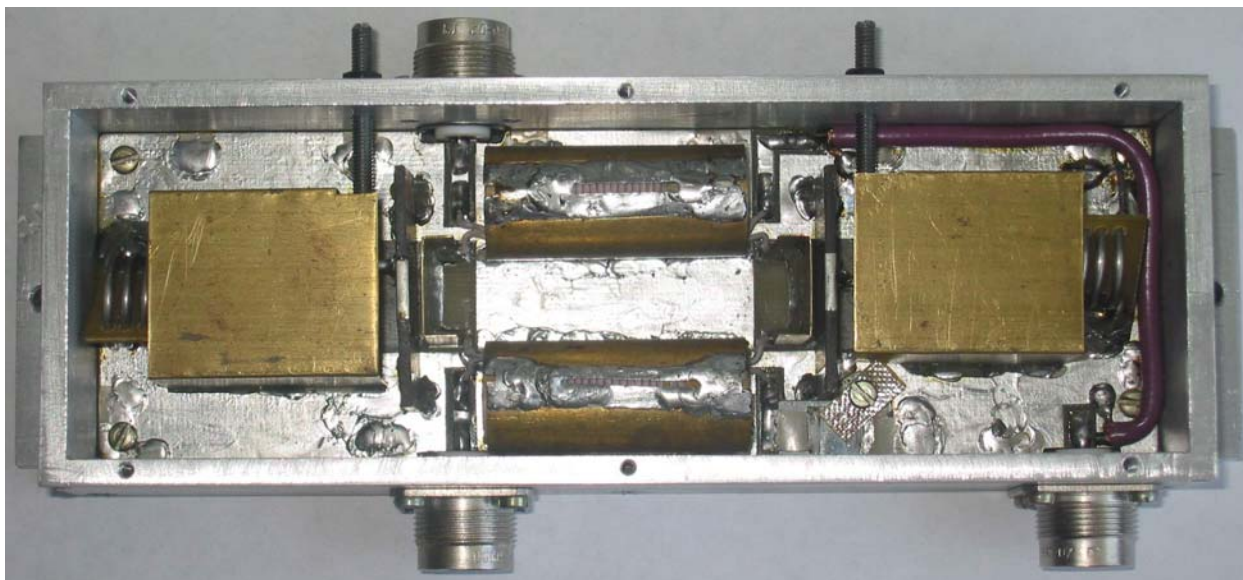


Рис. 2

Обкладки конденсаторов режекторных фильтров диплексера, подключаемые к выходам направленных ответвителей, изготовлены из латунной фольги толщиной 0,5 мм. Обкладки конденсаторов режекторных фильтров диплексера, подключаемые к катушкам индуктивности, изготовлены в виде тонких пленок напыленных на двухмиллиметровые керамические подложки. Использование вместо керамики стеклотекстолитовых пластин приводит к их выгоранию из-за больших напряжений на конденсаторах режекторных фильтров, поскольку эти напряжения в величину добротности превышают напряжения, приложенные к режекторным фильтрам. Индуктивности режекторных фильтров изготовлены из залуженного медного провода диаметром 1,8 мм и экранированы, для исключения влияния крышки диплексера на его характеристики. Точная подстройка режекторных фильтров на заданную частоту осуществляется с помощью заземленных металлических штырей, которые видны на фотографии и вводятся в области соединения конденсаторов и индуктивностей фильтров.

Настойка диплексера заключается в следующем. Вначале регулировкой длины продольной щели металлических экранов *HO1* и *HO2* добиваются того, чтобы коэффициент ответвления мощности каждого из НО был равен 0,5. При заданной абсолютной расстройке $\Delta\omega$ относительная расстройка Ω_0 будет больше при выборе резонансной частоты режекторных фильтров равной меньшей из частот передатчиков. Поэтому в качестве первого передатчика выбирается передатчик с меньшей частотой радиосигнала, и режекторные фильтры настраиваются на указанную частоту. После этого измеряются потери мощности по каждому из входов диплексера.

Если требуется уменьшить потери мощности первого передатчика, следует увеличить величину емкостей конденсаторов режекторных фильтров и уменьшить величину катушек индуктивности, и наоборот. Затем измеряется развязка между входами диплексера, которая должна быть не менее 25...30 дБ. С помощью изменения в небольших пределах длины продольной щели металлических экранов *HO1* и *HO2* можно дополнительно увеличить развязку

ку на 5...10 дБ. Это необходимо для уменьшения уровня интермодуляционных составляющих в спектре сигнала излучаемого антенной.

Для примера осуществим проектирование диплексера при условиях: волновое сопротивление антенно-фидерного тракта $R_A = 50 \text{ Ом}$; частота радиосигнала первого передатчика $f_1 = 151 \text{ МГц}$, частота радиосигнала второго передатчика $f_2 = 169 \text{ МГц}$.

При настройке режекторных фильтров на частоту f_1 относительная расстройка будет равна: $\Omega_0 = (f_2 - f_1)/f_1 = 0,12$. Из (1) получим, что указанному значению Ω_0 соответствуют относительные потери мощности передатчиков в диплексере равные: $\Delta P = 0,073$. Используя (2) найдем: $L_H = 7,726$; $C_H = 0,129$. Денормируя полученные значения элементов диплексера определим: $C = C_H / (R_A 2\pi f_1) = 2,73 \text{ пФ}$; $L = L_H R_A / 2\pi f_1 = 407 \text{ нГн}$. Для изготовления НО может быть использован провод марки МГТФ 1х0,5. Требуемая длина каждого из двух проводов, изготавливаемого НО, может быть рассчитана по эмпирической формуле: $d[\text{м}] = 70/f_{\text{ц}}[\text{МГц}]$, где $f_{\text{ц}}$ – центральная рабочая частота НО в мегагерцах, d – длина каждого из двух проводов НО в метрах. В нашем случае $f_{\text{ц}} = (f_1 + f_2)/2 = 160 \text{ МГц}$, и требуемая длина каждого из двух проводов равна: $d = 0,44 \text{ м}$.

Литература

1. Проектирование радиопередатчиков / **В.В. Шахгильдян, М.С. Шумилин, В.Б. Козырев** и др.; Под ред. В.В. Шахгильдяна. – М.: Радио и связь, 2000. – 656 с.
2. **Иванов В.К.** Оборудование радиотелевизионных передающих станций. – М.: Радио и связь, 1989. – 336 с.
3. Проектирование радиопередающих устройств с применением ЭВМ / **О.В. Алексеев, А.А. Головков, А.Я. Дмитриев** и др.; Под ред. О.В. Алексеева. – М.: Радио и связь, 1987. – 392 с.
4. А.с. 202252 СССР. Направленный ответвитель для систем коллективного приема телевидения. / **В.Д. Кузнецов, Н.Б. Аблин**. – Опубл. в Б.И., 1967. – № 19.
5. Справочник разработчика и конструктора РЭА. Элементная база. – В 2 томах / **М.Ю. Масленников, Е.А. Соболев, Г.В. Соколов** и др. – М.: ИТАР – ТАСС, 1993.
6. **Титов А.А.** Расчет диплексера усилителя мощности телевизионного передатчика // Известия вузов. Сер. Радиоэлектроника. – 2001. – № 2. – С. 74–77.
7. **Титов А.А.** Двухканальный усилитель мощности с диплексерным выходом // Приборы и техника эксперимента. – 2001. – № 1. – С. 68 – 72.