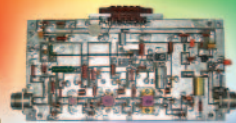


ПОВЫШЕНИЕ ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТИ И КПД МАЛОМОЩНЫХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПЕРЕДАТЧИКОВ

РАЗДЕЛЬНОЕ УСИЛЕНИЕ СИГНАЛОВ ИЗОБРАЖЕНИЯ И ЗВУКОВОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ



А.Титов

Сегодня повышение энергетических характеристик радиотехнических систем и устройств – одна из важнейших задач радиотехники. Эта проблема характерна и для маломощных телевизионных передатчиков, составляющих около 85 % общего парка телевизионных передатчиков и работающих по принципу совместного усиления радиосигналов изображения и звукового сопровождения, что приводит к необходимости обеспечения их высокой выходной пиковой мощности и к снижению КПД. Выходная мощность и КПД имеющегося парка маломощных телевизионных передатчиков России может быть повышена как минимум в 1,6–2,5 раза за счет раздельного усиления радиосигналов изображения и звукового сопровождения. Для этого предлагается дополнительный блок, состоящий из дешевого диплексера и маломощного усилителя сигнала звукового сопровождения.

ПРОБЛЕМА

В телевизионных передатчиках с выходной мощностью более 1 кВт используется раздельное усиление радиосигналов изображения и звукового сопровождения с последующим их сложением в антенне с применением диплексеров (рис.1) [1]. Применение диплексера вызвано необходимостью выполнять требования ГОСТов [2, 3], в соответствии с которыми уровень любого побочного (внеполосного) радиоизлучения телевизионных передатчиков с выходной мощностью более 25 Вт должен быть не менее чем на -60 дБ ниже пиковой мощности радиосигнала в синхроимпульсе. Развязка между входом радиосигнала изображения и входом радиосигнала звукового сопровождения диплексера достигает 35–40 дБ [1], что препятствует образованию интермодуляционных искажений и появлению внеполосных излучений.

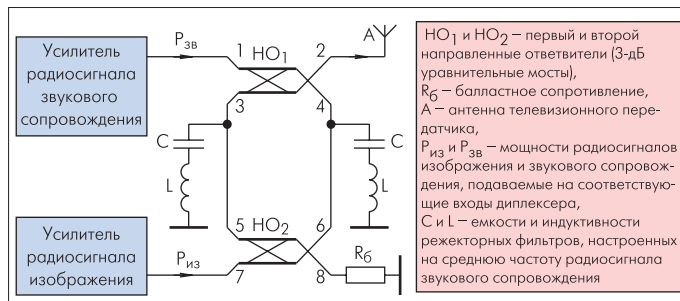


Рис.1. Применение диплексера для сложения мощностей радиосигналов изображения и звукового сопровождения

пятствует образованию интермодуляционных искажений и появлению внеполосных излучений.

В маломощных телевизионных передатчиках (выходная мощность менее 1 кВт [2]) используется совместное усиление радиосигналов изображения и звукового сопровождения [1, 4], что обусловлено большими размерами и стоимостью применяемых в настоящее время диплексеров. Однако совместному усилению присущи три основных недостатка [4]. Во-первых, пиковая мощность, на которую должны быть рассчитаны выходные каскады передатчика, должна в 1,73 раза превышать пиковую мощность радиосигнала изображения. Во-вторых, пульсация амплитуды выходного сигнала приводит к снижению КПД усилителей мощности передатчиков минимум в 1,54 раза. В-третьих, в три-четыре раза повышаются требования к линейности тракта, в результате чего транзисторы усилителей используются по мощности всего на 20–25% [4–6]. При этом интермодуляционные помехи на выходе передатчиков составляют -25–35 дБ [6]. Для снижения уровня внеполосного излучения до -60 дБ применяются полосовые фильтры, поглощающие до 15–20% выходной мощности передатчика [1]. Выходную мощность и КПД маломощных телевизионных передатчиков можно повысить путем введения в них блока, содержащего малогабаритный дешевый диплексер и маломощный усилитель радиосигнала звукового сопровождения.

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ

Изготовить маломощный усилитель радиосигнала звукового сопровождения не трудно. Поэтому рассмотрим подробнее проблемы получения малогабаритного и дешевого диплексера. Для создания малогабаритных направленных ответвителей диплексера модифицируем разработанную ранее методику изготовления направленного ответвителя для систем коллективного приема телевизионных сигналов [7] с учетом особенностей настройки разрабатываемого

Представляем автора статьи

ТИТОВ Александр Анатольевич – канд. техн. наук, доцент кафедры радиоэлектроники и защиты информации (РЗИ) Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР). Область научных интересов – разработка широкополосных и полосовых усилителей мощности, методов их проектирования и расчета в линейном и нелинейном режимах. Опубликовано 162 работы, получено 6 авторских свидетельств. Тел. 413-365, E-mail: titov_aa@rk.tusur.ru

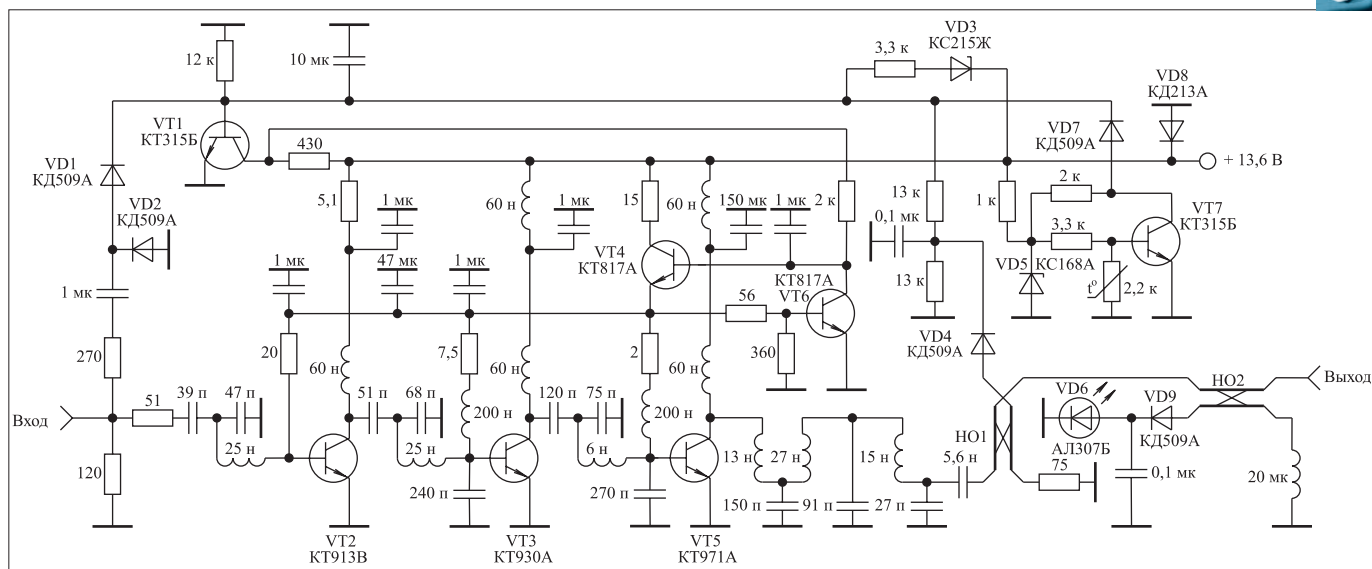


Рис.2. Маломощный усилитель радиосигнала звукового сопровождения

диплексера. В соответствии с такой модифицированной методикой направленные ответвители диплексера предлагается выполнять из двух изолированных проводов, намотанных с одинаковым шагом на цилиндрический изолятор, помещенный в заземленный металлический цилиндрический экран с продольной щелью вдоль всей длины, плотно обжимающий намотанные на изолятор провода. Требуемый коэффициент ответвления мощности достигается за счет регулировки длины продольной щели металлического экрана. Габаритные размеры такого цилиндрического направленного ответвителя, настроенного на частоту первого телевизионного канала, не превышают 2 см в диаметре при длине 4,5 см.

Режекторные фильтры диплексера (см. рис. 1) отражают радиосигнал звукового сопровождения в антенну и одновременно искажают АЧХ канала изображения, т.е. форма АЧХ зависит от их добротности. Вот почему необходимо определить достижимую добротность малогабаритных режекторных фильтров с учетом специфики их применения в диплексерах телевизионных передатчиков. Потери в режекторных фильтрах обусловлены тангенсом угла потерь конденсаторов и активной составляющей сопротивления катушек индуктивности. Для режекторных фильтров предлагаемого диплексера выбраны конденсаторы с воздушным диэлектриком и катушки индуктивности из залуженного медного провода. Исследования таких фильтров показали, что их добротность как в метровом, так и в дециметровом диапазонах длин волн не хуже 380–420.

На основе результатов ранее проведенного анализа работы диплексера с низкодобротными режекторными фильтрами [8] можно получить формулы расчета относительных потерь мощности сигналов изображения и звукового сопровождения в диплексере:

$$\Delta P_{зв} = \frac{P_{зв} - P_{Азв}}{P_{зв}} = 1 - (1 - S_{210})^2$$

$$\Delta P_{из} = \frac{P_{из} - P_{Аиз}}{P_{из}} = 1 - \frac{S_{210}^2 (1 + 4\Theta^2 \Omega_{из}^2)}{1 + 4S_{210}^2 \Theta^2 \Omega_{из}^2}$$
(1)

где $P_{Аиз}$ и $P_{Азв}$ – значения мощности сигналов изображения и звукового сопровождения в антенне;

$$S_{210} = Y_0 \sqrt{1 + 4\Omega_0^2 \Theta^2 (1 - Y_0^2)},$$

где Θ – добротность режекторных фильтров; Y_0 – допустимое значение затухания сигнала изображения при заданной расстройке

Ω_0 , определяемой полем допуска характеристики верхней боковой полосы телевизионного передатчика [2, 3]; $\Omega_{из} = 2\pi \cdot 6,5 \cdot 10^6 / \omega_{зв}$ – относительная расстройка между частотами сигналов изображения и звукового сопровождения; $\omega_{зв}$ – круговая частота сигнала звукового сопровождения.

Из соотношений (1) получим, что потери диплексера, например 12 телевизионного канала, с режекторными фильтрами с добротностью 400 для сигнала изображения составляют 3%, для сигнала звукового сопровождения – 45%. Чтобы мощность сигнала изображения в антенне была равна 100 Вт, а мощность сигнала звукового сопровождения – 10 Вт, выходная мощность усилителя сигнала изображения должна составить 103 Вт, а мощность радиосигнала звукового сопровождения – 18,2 Вт.

Анализ соотношений (1) показывает, что реализация раздельного усиления сигналов изображения и звукового сопровождения в маломощных передатчиках целесообразна при использовании режекторных фильтров с добротностью не менее 100, что значительно меньше добротности, полученной в экспериментальных исследованиях.

Нормированные относительно волнового сопротивления тракта передачи и круговой частоты сигнала звукового сопровождения значения элементов режекторных фильтров (см. рис. 1) могут быть рассчитаны по следующим формулам:

$$L_n = \Theta S_{210} / 2(1 - S_{210}); C_n = 1 / L_n [8]$$

МАЛОГАБАРИТНЫЙ ДИПЛЕКСЕР И МАЛОМОЩНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ СИГНАЛА ЗВУКОВОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ

Выходная мощность большинства маломощных телевизионных передатчиков, используемых в районных центрах и отдельных поселках, составляет 10–100 Вт [1, 4]. Для ее увеличения, а также повышения КПД разработаны малогабаритный диплексер и маломощный усилитель сигнала звукового сопровождения (рис.2). Значения параметров элементов усилителя соответствуют его настройке на частоту сигнала звукового сопровождения пятого телевизионного канала. Усилитель содержит: входной резистивный делитель напряжения, три усилительных каскада, трансформатор сопротивлений, стабилизатор напряжения базового смещения, блоки защиты от перегрузки по входу, термозащиты, защиты от холостого хода и короткого замыкания нагрузки, защиты от превышения напряжением питания номинального значения.

Основные технические характеристики усилителя

Выходная мощность, Вт	..40
Полоса рабочих частот, МГц	..95–105
Коэффициент усиления, дБ	..38
Напряжение питания, В	..13,8
Потребляемый ток, А	
в режиме молчания	..0,25
максимальное значение	..7,0
при коротком замыкании либо отключении нагрузки	..1–2
Сопротивление генератора и нагрузки, Ом	..75
Габаритные размеры корпуса усилителя, мм	..205x105x40

Конструкция усилителя разработана с учетом возможности его настройки на частоту радиосигнала звукового сопровождения любого из 12 телевизионных каналов метрового диапазона. Особенности настройки такого типа усилителей приведены в [9]. Следует лишь отметить, что для настройки усилителя на 6–12 каналы в выходном каскаде необходимо заменить транзистор КТ971А транзистором КТ970А.

Конструкция диплексера (рис.3) так же как и усилителя разработана с учетом возможности его настройки на любой из двенадцати телевизионных каналов метрового диапазона. Габаритные размеры диплексера – 180x50x30 мм. Подключаемые к выходам направленных ответвителей обкладки конденсаторов его режекторных фильтров выполнены из латунной фольги толщиной 0,5 мм. Подключаемые к катушкам индуктивности обкладки изготовлены путем напыления тонких пленок на керамические подложки толщиной 2 мм. Применение вместо керамики стеклотекстолитовых пластин не рекомендуется, поскольку большие напряжения на конденсаторах режекторных фильтров (в Θ раз больше напряжения, приложенного к режекторным фильтрам) приводят к их выгоранию. Индуктивности режекторных фильтров изготовлены из залуженного медного провода диаметром 1,8 мм, установлены на диэлектрическом каркасе и экранированы для устранения влияния крышки диплексера на его характеристики. Точная подстройка режекторных фильтров на заданную частоту осуществляется с помощью заземленных металлических штырей (см. рис.3), которые вводятся в области соединения конденсаторов и индуктивностей режекторных фильтров.

Каждый из направленных ответвителей НО₁ и НО₂ выполнен из двух проводов марки МГТФ 1x0,35, намотанных вплотную друг к другу на цилиндрический изолятор длиной 45 мм и диаметром 18 мм (для диплексера на 1–5 каналы) или 8 мм (для диплексера на 6–12 каналы). Длина каждого из двух проводов направленного ответвителя (марки МГТФ 1x0,35) может быть рассчитана по эмпирической формуле: $d[m]=70/f_{ц}[МГц]$, где $f_{ц}$ – центральная рабочая частота направленного ответвителя и d – длина проводов направленного ответвителя. Изолятор помещается в заземленный металлический цилиндрический экран с продольной щелью вдоль всей длины, плотно обжимающий намотанные на изолятор прово-

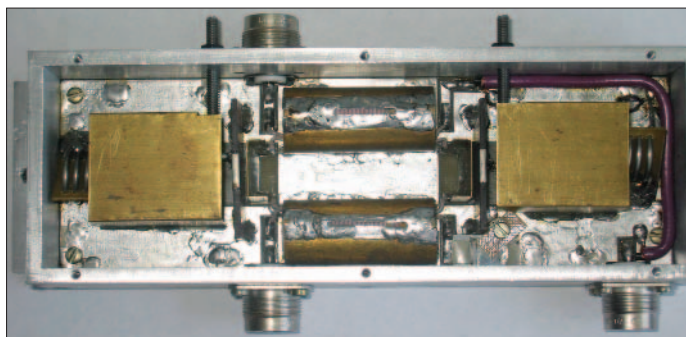


Рис. 3. Внешний вид малогабаритного диплексера

да. Переходное затухание направленных ответвителей НО₁ и НО₂ в рабочей полосе заданного канала должно быть равно 3 дБ.

В начале настройки диплексера регулировкой длины продольной щели металлических экранов для каждого направленного ответвителя НО₁ и НО₂ устанавливаются коэффициент ответвления мощности на средней частоте заданного телевизионного канала равным 0,5. Режекторные фильтры настраиваются на частоту сигнала звукового сопровождения. После этого измеряются потери мощности по каждому из входов диплексера и сравниваются с расчетными значениями соотношений (1). В правильно настроенном диплексере расхождения расчетных и экспериментальных результатов измерения потерь не должны превышать 10–15%. Затем проверяется развязка между входами диплексера, которая должна быть не менее 20–30 дБ. Путем незначительного изменения длины продольной щели металлических экранов ответвителей НО₁ и НО₂ можно дополнительно увеличить развязку на 5–10 дБ. Это необходимо для уменьшения уровня интермодуляционных составляющих в спектре сигнала, излучаемого антенной.

Разработанные малогабаритный диплексер и маломощный усилитель сигнала звукового сопровождения были использованы для повышения выходной мощности и КПД ряда телевизионных передатчиков с выходной мощностью 50 и 100 Вт, эксплуатируемых в городах Сибири, Казахстана и Средней Азии. Реально выходная мощность и КПД передатчиков была повышена в 1,6–2,5 раза. Стоимость комплектующих элементов для изготовления малогабаритного диплексера и маломощного усилителя сигнала звукового сопровождения, согласно ценам, указанным на сайте фирмы "Золотой шар" (<http://www.zolshar.ru/katalog.html>), составляет ~2400 руб. Для сравнения заметим, что стоимость телевизионного передатчика метрового диапазона с выходной мощностью 200 Вт, согласно прайс-листу НПП "Триада-ТВ" (<http://www.ttv.ru/price.html>), равна 114000 рублей.

Таким образом, при незначительных затратах применение малогабаритного диплексера и маломощного усилителя сигнала звукового сопровождения позволит в 1,6–2,5 раза увеличить выходную мощность имеющегося российского парка маломощных передатчиков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов В.К. Оборудование радиотелевизионных передающих станций. – М.: Радио и связь, 1989. – 336 с.
2. ГОСТ Р 50890 – 96. Передатчики телевизионные маломощные. – М.: Изд-во стандартов, 1996. – 36 с.
3. ГОСТ 20532 – 83. Радиопередатчики телевизионные 1 – 5 диапазонов. . – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 34 с.
4. Проектирование радиопередатчиков / В.В. Шахильдян, М.С. Шумилин, В.Б. Козырев и др./Под ред. В.В. Шахильдяна. – М.: Радио и связь, 2000. – 656 с.
5. Гребенников А.В., Никифоров В.В., Рыжиков А.Б. Мощные транзисторные усилительные модули для УКВ ЧМ и ТВ вещания. – Электросвязь, 1996, № 3, с.28-31.
6. Гребенников А.В., Никифоров В.В. Транзисторные усилители мощности для систем подвижной радиосвязи метрового и дециметрового диапазонов волн. – Радиотехника, 2000, № 5, с.83–86.
7. А.с. 202252 СССР. Направленный ответвитель для систем коллективного приема телевидения/В.Д. Кузнецов, Н.Б. Аблин. – Опул. в Б.И., 1967, № 19, с.32.
8. Титов А.А. Расчет диплексера усилителя мощности телевизионного передатчика.– Известия вузов. Сер. Радиоэлектроника, 2001, № 2, с.74-77.
9. Титов А.А. Усилитель мощности для оптического модулятора. – Приборы и техника эксперимента, 2002, № 5, с.88–90.