

КАНАЛЬНЫЕ СУММАТОРЫ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ КАНАЛОВ

Часть 1. Канальные и диапазонные шумы

Песков С.Н., к.т.н., гл. конструктор ГК «Полюс-С»,
Власкин С.В., к.ф.м.н., техн. директор ООО «Телемак»,
Мельникова Е.Н., менеджер ГК «ПиТРИ».

Вопрос суммирования телевизионных (ТВ) каналов в составе головных станций (ГС) возник достаточно давно. Подавляющее большинство операторов сталкивалось с такой проблемой. Особенно остро данный вопрос возник при увеличении числа ТВ каналов, транслируемых в сети кабельного телевидения (СКТ). Дело в том, что с увеличением числа суммируемых каналов, наблюдается снижение выходного отношения сигнал/шум (S/N) по отношению к S/N одиночного канального модуля. Например, на канальные модули заявлено значение $S/N > 55...58$ дБ, а после суммирования 40-60 каналов реализуется только 48...52 дБ. Причем, чем больше каналов суммируется, тем большее снижение S/N и наблюдается. На практике, такое снижение часто является недопустимым. Наиболее подробно и доходчиво этот вопрос рассмотрен в [1].

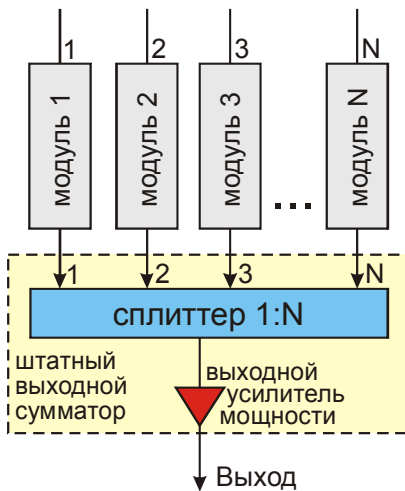


Рис.1

Структурная схема типового широкополосного сумматора представлена на рис.1. Сумматор включает в свой состав сплиттер на N направлений (по числу модулей), включенный в реверсном (суммирующем) направлении, а на его выходе устанавливается широкополосный усилитель мощности.

Например, такие сумматоры широко используются в ГС Polytron, Wisi, Grundig, Hirschmann и др.

Причины снижения выходного отношения сигнал/шум. За счет чего же происходит снижение S/N при увеличении числа суммируемых каналов? Снижение S/N обязано двум факторам:

- за счет наличия диапазонных шумов в самих канальных модулях;
- за счет диапазонных шумов выходного усилителя мощности (рис.1).

Диапазонные шумы канального модуля.

Рассмотрим эти два фактора. Для этого обратимся к структурной схеме канального модуля, представленной на рис.2. Подавляющее большинство канальных модулей функционально состоит из двух составляющих: приемника (или собственно ТВ модулятора) и повышающего конвертера.

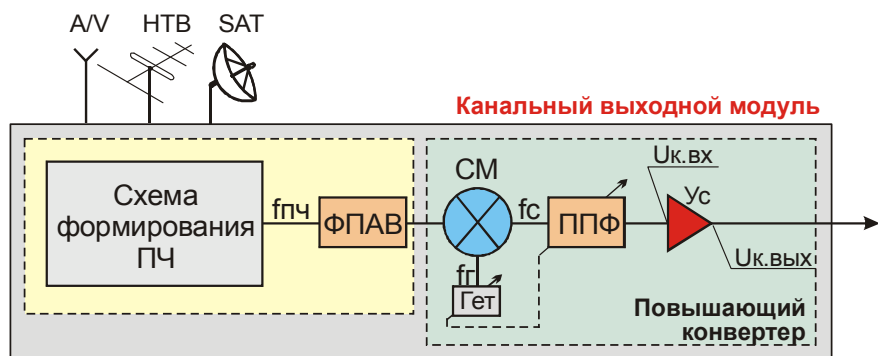


Рис.2

Как правило, перед смесителем устанавливается высокоизбирательный фильтр на поверхностных акустических волнах (ФПАВ), отвечающий за возмож-

ность работы модулей в соседних каналах. Избирательность такого фильтра очень высока (обычно не менее 60 дБ) и на его выходе формируется идеальный спектр полезного сигнала без каких либо внеполосных (побочных) составляющих. Далее сформированный сигнал того или иного формата модуляции поступает на повышающий конвертер, в состав которого входит смеситель и частотно взаимосвязанные гетеродин и полосно-пропускающий фильтр (ППФ), на выходе которого и формируется выходная частота $f_c = f_r - f_{ггч}$. Наиболее часто ППФ является электронно перестраиваемым по частоте (в задающих колебательных контурах используются варикапы). Его основная задача – эффективно подавить паразитно просачиваемую мощность гетеродина и зеркальную полосу канала ($f_c = f_r + f_{ггч}$).

На выходе ППФ устанавливают широкополосный усилитель с тем или иным канальным уровнем выходного сигнала. Выходной широкополосный усилитель необходим по той простой причине, что варикапы, входящие в состав ППФ, могут работать только при малых мощностях (причиной тому служат сразу несколько паразитных эффектов). Таким образом, использование широкополосного усилителя в канальных модулях является вынужденной схемотехнической мерой.

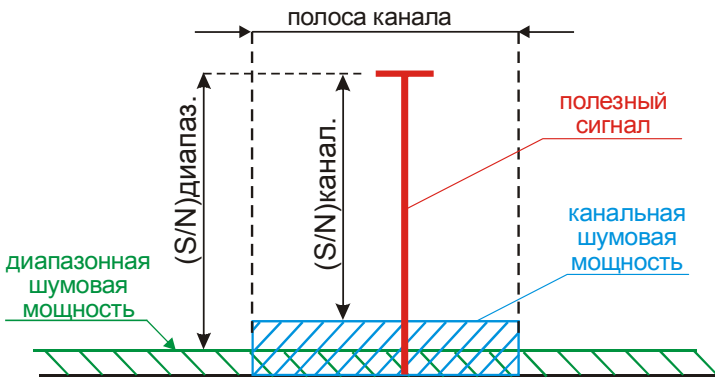


Рис.3

канальной шумовой мощности, определяющей выходное канальное S/N . Диапазонная шумовая мощность равномерно распределена по всему частотному диапазону расстановки ТВ каналов. Диапазонное шумовое напряжение в полосе любого канала Π , развиваемое на выходе усилителя канального модуля определяется по формуле:

$$U_{ш[дБмкВ]} = 10 \lg(\Pi) + 10 \lg(F - 1) - 5,2 + K_{[дБ]} \quad (1)$$

здесь K – коэффициент усиления выходного усилителя (см. рис.2) с собственным коэффициентом шума F (в относительных единицах), Π – канальная полоса пропускания, выраженная в мегагерцах (МГц).

Например, при $\Pi = 4,75$ МГц (система цветности PAL), $F = 3$ дБ и $K = 15$ дБ, канальное диапазонное шумовое напряжение составит: $U_{ш} = 16,6$ дБмкВ. При этом полное шумовое напряжение канального модуля будет много больше, например, 28 дБмкВ (что эквивалентно $S/N = 56$ дБ при уровне выходного сигнала $U_{вых} = 84$ дБмкВ).

Рассмотрим теперь, что же происходит с диапазонным шумовым напряжением при суммировании N каналов. Для этого обратимся к рис.4,

на котором изображены N канальных модулей с суммированием посредством сплиттера.

Таким образом, на выходе канального модуля формируется полезный сигнал (на рис.3 условно показан в виде одночастотной гармонической составляющей – красный цвет), канальная шумовая мощность, обязанная модулю в целом (синяя штриховка в полосе канала) и диапазонная шумовая мощность, обязанная только широкополосному усилителю (зеленая штриховка). Очевидно, что диапазонная шумовая мощность много меньше канальной шумовой мощности, определяющей выходное канальное S/N .

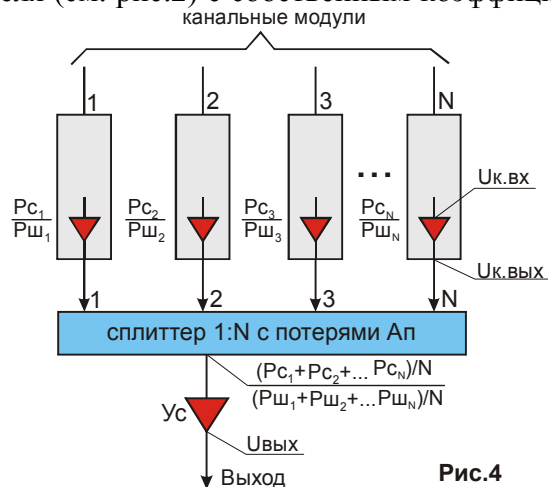


Рис.4

Идеализируя, упростим все наши рассуждения, приняв, что с каждого из модулей выходят одинаковые уровни сигналов с мощностью P_{ci} . Очевидно, что накладываться (суммироваться) будут только диапазонные шумовые мощности, т.к. канальные шумовые мощности (см. рис.3) присутствуют только в конкретных каналах.

Замечаем, что каждая из полезных канальных мощностей P_c ослабится в N раз, т.е. по числу модулей (направлений суммирования). Ровно на такую же величину ослабится и диапазонная шумовая мощность с выходов каждого из модулей – $P_{ш}$. Но, за счет суммирования, общая суммированная диапазонная шумовая мощность останется неизменной! Из этого следует первый важный вывод: - за счет суммирования N каналов, диапазонное отношение $(S/N)_д$ снижается в N раз, или, на $10\lg(N)$ децибел. Формула для расчета $(S/N)_к$, формируемого на выходе сплиттера записывается в виде:

$$(S/N)_к = -10\lg\left(10^{\frac{-(S/N)_к}{10}} + 10^{\frac{-(S/N)_д - 10\lg N}{10}}\right) \quad (2)$$

Так, например, при канальном $(S/N)_к = 56$ дБ (канальное отношение сигнал/шум является доминирующим и по факту представляет собой справочное значение S/N на модуль в целом), диапазонном $(S/N)_д = 66$ дБ и $N = 40$, выходное S/N на выходе суммирующего сплиттера составит всего 49 дБ (!).

А при увеличении числа каналов до 80, только 46,5 дБ. Такие значения S/N являются уже непригодными для большинства СКТ.

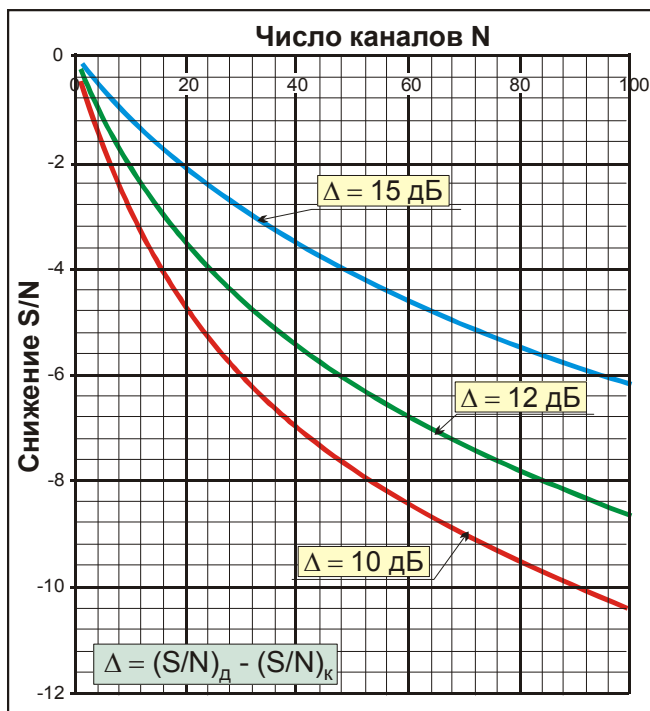


Рис.5

На рис.5 представлены расчетные кривые по снижению S/N в зависимости от числа суммируемых каналов при различных разницах между канальной и диапазонной шумовыми мощностями.

Диапазонные шумы выходного усилителя мощности. Рассмотрение диапазонных шумов, обязанных усилителям в канальных модулях показывает (см. рис.5), что для снижения их уровня необходимо использовать усилители с минимальным коэффициентом шума (см. формулу 1) и с

минимальным коэффициентом усиления. Возможно ли такое?

Из теории усилительных устройств известно, что реализация малого коэффициента шума возможна при пониженных токах транзистора (микросхемы). Но, с понижением тока потребления, снижается максимально допустимый уровень выходного сигнала, определяющий коэффициент интермодуляционных искажений. Таким образом, данное требование является противоречивым. С одной стороны (с точки зрения минимизации шумов) ток транзистора нужно уменьшать, а с другой стороны (с точки зрения минимизации искажений) – его необходимо повышать. Для решения этой задачи разработчики канальных модулей используют транзисторы с максимально возможным динамическим диапазоном и предпочтение в конечном счете отдают минимизации искажений.

Как же быть с коэффициентом усиления? Обратимся к рис.2 и рис.4. Их рассмотрение показывает, что требуемый суммарный коэффициент усиления определяется простым выражением:

$$K = U_{вых} - U_{к.вх} + An \quad (3)$$

В выражении (3) все значения выражены в дБ или в дБмкВ. Например, при $U_{к.вх} = 70$ дБмкВ, $U_{вых} = 90$ дБмкВ и потерях в сплиттере $An = 16$ дБ, требуемый суммарный коэффициент усиления составит 36 дБ.

Какой же вклад по шумам вносит выходной усилитель мощности? Он определяется известной формулой приведенного динамического диапазона:

$$(S/N)_{ус} = U_{вых} - K_{ус} - F + 5,2 - 10 \lg \Pi \quad (4)$$

В данной формуле все значения также выражены в дБ или в дБмкВ, а видеополоса Π – в МГц. Напомним читателям, что для системы цветности PAL полосу канала следует считать как 4,75 МГц, для SECAM – 5,75 МГц, для DVB-T/C каналов – 8 МГц. Например, для $U_{вых} = 90$ дБмкВ, $K_{ус} = 36$ дБ, $F = 4$ дБ и $\Pi = 5,75$ МГц, S/N составит 47,6 дБ.

Конечное выходное отношение $(S/N)_{вых}$ будет зависеть от вклада канального модуля, $(S/N)_к$ и диапазонного усилителя, $(S/N)_{ус}$

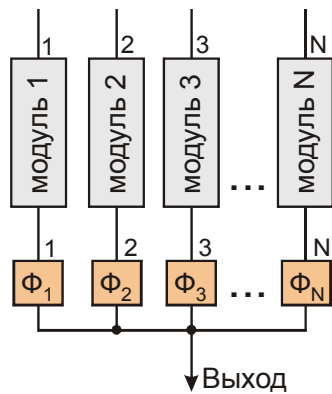
$$(S/N)_{вых} = -10 \lg \left(10^{\frac{(S/N)_к}{10}} + 10^{\frac{(S/N)_{ус}}{10}} \right) \quad (5)$$

То есть, будет всегда меньше любой из составляющих S/N . Для рассматриваемого нами случая при суммировании 40 каналов $(S/N)_{вых} = 45,2$ дБ.

Внимательный читатель сразу задаст вопрос: - а куда выгоднее переместить основное усиление? В выходной усилитель канального модуля или в конечный широкополосный усилитель мощности? Тут однозначного ответа нет. С точки зрения повышения S/N при оговариваемой величине искажений и числе суммируемых каналов выгоднее основное усиление переносить в канальные модули. Однако, цена ГС в целом при этом увеличивается. Ведь приходится устанавливать не один качественный усилитель мощности, а сразу много (по числу модулей).

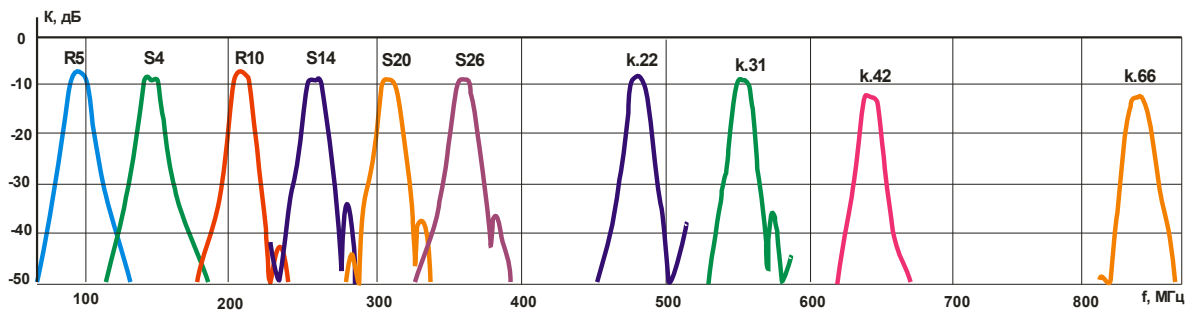
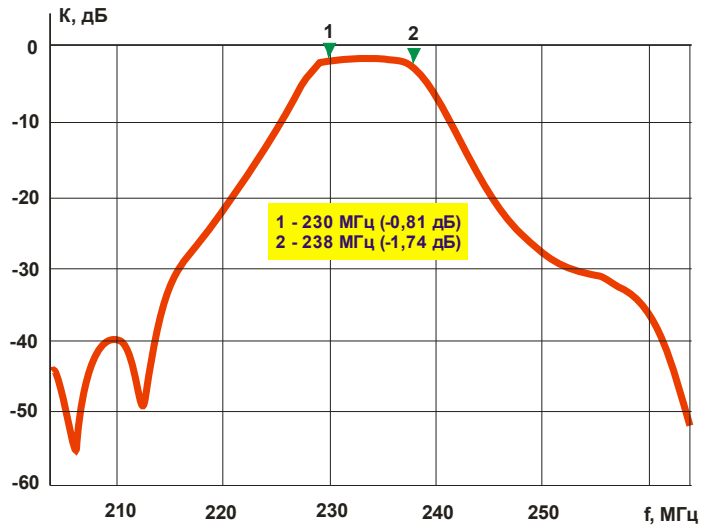
Например, типовые значения выходных канальных уровней от разных производителей составляют: Grundig, Ikusi, Alcad – 80 дБмкВ, Wisi – 85 дБмкВ, Hirschmann – 90 дБмкВ, Polytron – 95 дБмкВ, Blankom – 110-125 дБмкВ.

Способ борьбы с диапазонными шумами. БФТК. И так, мы поняли, что основным препятствием к увеличению числа суммируемых каналов без потери снижения отношения S/N является наличие диапазонных шумов. Именно они свободно и беспрепятственно суммируются при увеличении числа суммируемых каналов.



Эффективным и пожалуй, единственным, способом борьбы с диапазонными шумами является включение канальных фильтров на выходах каждого из канальных модулей. Схема суммирования при этом аналогична рис.1 и рис.2 с заменой сплиттера на набор канальных фильтров, объединяемых конструктивно по выходу (рис.6). Набор таких фильтров часто именуют блоком фильтров телевизионных каналов (БФТК). Теоретически, такие БФТК обладают нулевыми потерями на суммирование (потери в любых фильтрах обусловлены конечными значениями добротностей используемых реактивных элементов и качеством согласования).

На рис.7а представлена экспериментальная АЧХ фильтра на канал S11 (Polytron), а на рис.7б – АЧХ БФТК на 10 каналов. В БФТК включены потери сплиттера на 4 направления.



Следует помнить простое правило: - нельзя суммировать каналы без частотного провала хотя бы в 1 канал. Это закон работы фильтров. Наиболее оптимальным частотным провалом следует считать суммирование через 2-3 канала. При этом влияние фильтров друг на друга и их потери в полосе прозрачности (с учетом их большого числа при суммировании на один общий выход) получаются минимальными, а развязка – максимальной.

Практика реализации БФТК показывает, что типовая величина снижения S/N по отношению к заявленному каналному значению составляет 1-3 дБ и зависит от числа каналов, избирательности фильтров, правильности их суммирования и типа выходного усилителя.

КАНАЛЬНЫЕ СУММАТОРЫ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ КАНАЛОВ

Часть 2. Блоки фильтров телевизионных каналов (БФТК)

Песков С.Н., к.т.н., гл. конструктор ГК «Полюс-С»,
Власкин С.В., к.т.н., ген. директор ООО «Телемак»,
Мельникова Е.Н., менеджер ГК «ПиТРИ».

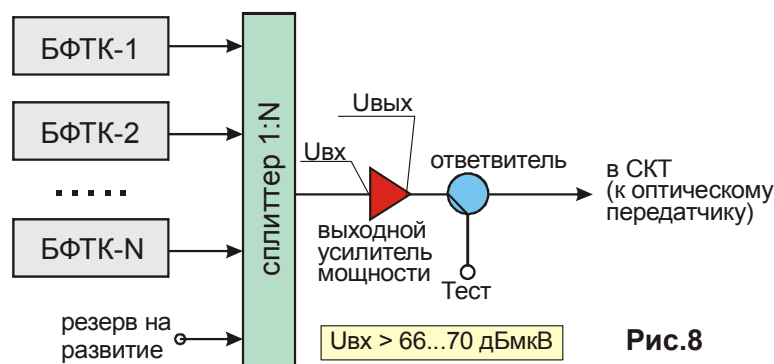
В данной части статьи рассматриваются способы борьбы с диапазонными шумами. Даются практические рекомендации по выбору типов БФТК и их правильному конструированию.

Существуют ли ГС без накопления шумов? Да. Существуют. Это всем известные ГС с суммированием по выходу на так именуемых Z-перемычках. Такие ГС традиционно производят испанские компании Ikusi, Alcad и Televes. Следует добавить и хорошо всем знакомого отечественного производителя «Телемак» (г.Саратов). Именно установка фильтров (фиксированных или электронно перестраиваемых) на выходе и позволяет использовать уже ставшими традиционными Z-линии с малыми потерями на суммирование (порядка 0,5-1,0 дБ на каждое соединение). И совсем не является шуткой, что ГС AMZ-201 («Телемак») легко реализует суммирование 60 каналов с очень малым снижением S/N , хотя и каждый модуль в отдельности уступает по своим параметрам зарубежным аналогам.

Разумеется, что ГС с канальными модулями и фиксированными фильтрами на выходе (т.е. без электронной перестройки по частоте) много качественнее аналогичных ГС с электронной перестройкой, но, менее удобны в эксплуатации. В таких ГС достижение канального выходного уровня может быть сколь угодно большим за счет отсутствия варикапов. Старожилы кабельного телевидения еще помнят знаменитую ГС «Karin» первого класса от Hirschmann. Именно набор очень качественных фиксированных фильтров позволил реализовать столь высокие качественные показатели. Такая ГС вот уже на протяжении 20-ти лет безотказно служит в СКТ г.Тольятти.

Практическое построение общей схемы суммирования БФТК. Общеизвестно, что фильтры (а тем более, БФТК) не любят работать на некачественно согласованную нагрузку с учетом длинных кабельных соединений. Наиболее удобным является проектирование БФТК под каждую их «корзин» отдельно. Типовое число фильтров, входящих в один БФТК составляет 8-10 (т.е. каждый блок ГС работает на свой БФТК). При этом кабельные соединения не перекрещиваются и реализуются минимально короткой длины. Хочется посоветовать кабельным операторам использовать все межблочные соединения очень качественными кабелями не с точки зрения потерь или согласования, а с точки зрения коэффициента радиозэкранной защиты. Сами фильтры уже выполнены в металлическом корпусе, да и БФТК размещаются в металлических кроссовых шкафах под 19" стойку (высотой 1U или 2U). Использование традиционных кабелей RG-6 или SAT-702 с низким коэффициентом радиозэкранной защиты (менее 90 дБ) «смажет» весь эффект использования совсем не дешевых БФТК. Некоторые монтажники очень удачно надевают на кабель класса RG-6 экранную оплетку от кабеля RG-11, что является удачным конструктивным решением.

Как же осуществляется суммирование самих БФТК между собой? Очень просто – с помощью традиционных сплиттеров. Типовая схема суммирования представлена



на рис.8. К схеме суммирования предъявляется 2 основных требования:

- собственное значение S/N сумматора (т.е. с учетом добавления шумов выходного усилителя мощности, см. формулу 4) должно быть как можно больше, но никак не меньше 58...62 дБ. Автоматически это означает, что уровень входного сигнала усилителя должен быть не менее 66-70 дБмкВ. Отсюда сразу вытекают требования и к потерям собственно БФТК с добавлением потерь суммирующего сплиттера. Например, если уровень канальных сигналов составляет 85 дБмкВ, то общие потери на суммирование не должны превышать 15-19 дБ. Обычно на практике типовые потери общего суммирования составляют 20-22 дБ (на 60-80 каналов).

- собственные значения интермодуляционных искажений (CSO и CTB) должны быть не хуже 68-70 дБ, что с учетом последующих искажений в ВОЛС и возможных коаксиальных сетях и будет обеспечивать нам суммарные CSO/CTB не хуже 54-57 дБ.

Данные рассуждения позволяют сформировать нам требования уже и к самому выходному усилителю мощности. В частности, к его коэффициенту усиления и максимальному уровню выходного сигнала. Практика расчетов показывает, что коэффициент усиления усилителя должен быть по возможности, минимальным, не более 20-22 дБ, а его максимальный уровень выходного сигнала не хуже 105-108 дБмкВ на 42 канала при плоской АЧХ. Очень удачным считается специально разработанный для этого буферный усилитель HV-18126 от Polytron. Такой усилитель обладает коэффициентом передачи всего 18 дБ, при максимальном уровне выходного сигнала 112 дБмкВ (плоская АЧХ) и коэффициенте шума в 6 дБ. Однако, такой усилитель является довольно дорогостоящим (540 евро).

В любом случае, фирма-проектировщик БФТК правильно подберет вам тип выходного усилителя мощности с учетом специфики конкретной СКТ (ее архитектуры).

Какой дополнительный эффект дает использование БФТК? И так, использование БФТК позволяет нам поддержать высокое выходное отношение S/N при суммировании неограниченного числа каналов (практически суммирование осуществлялось до 92-х ТВ каналов), полный отказ от штатного выходного сумматора, входящего в состав ГС и повышение выходных CSO/CTB . Помимо перечисленных преимуществ, БФТК позволяет также полностью исключить и такой нежелательный эффект, как кроссмодуляция. Данный эффект наблюдается на экранах телевизоров, как наложение одной программы на другую, т.е. просмотр нежелательной второй программы на темном фоне первой (желательной) программы. Особенно ярко такой эффект наблюдается при большом числе каналов (перекрестная помеха). Причем, чем больше число каналов – тем отчетливее проявляется данный эффект. Разумеется, что при появлении кроссмодуляции, никакая последующая фильтрация уже не поможет, т.к. сам полезный сигнал уже окажется модулированным другим (или другими) каналом (каналами).

Объясняется этот эффект тем, что мощный канальный выходной уровень через выходной суммирующий сплиттер (рис.9) проникает на выход других модулей, что и вызывает паразитную (нежелательную) модуляцию выходного каскада. Использование же БФТК значительно увеличивает межканальную развязку. Типовая избирательность канального фильтра – не хуже 30 дБ при отстройке на 1 канал (напомним читателям, что суммирование в БФТК возможно только с частотным пробелом не менее одного канала). При отстройке же на 2 канала, коэффициент подавления канального фильтра достигает уже 40... 45 дБ и даже выше.

Таким образом, использование БФТК полезно не только с точки зрения снижения потерь на суммирование и

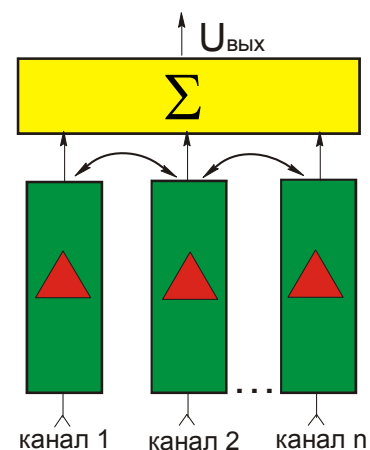


Рис. 9

минимизации накопления диапазонных шумов, но и с точки зрения исключения перекрестных помех.

Поставщики БФТК. Полезно упомянуть на основных производителей и поставщиков БФТК.

Безусловным лидером является немецкая компания Polytron. В частности, только за 1 год Polytron поставляет в десятки стран мира несколько тысяч БФТК, выполненных в виде МС-фильтров (рис.10), или в виде 19” блоков (рис.11). Ознакомиться с такими БФТК можно на сайтах компаний «Полюс-С» и «ПиТРИ». По каждому из каналов установлен переменный

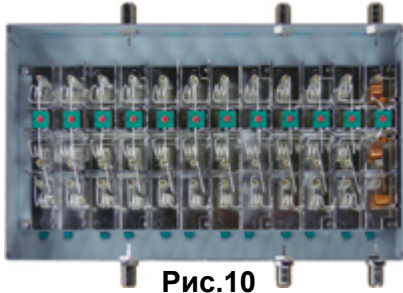


Рис.10



Рис.11

аттенуатор с глубиной регулировки 0-10 дБ или 0-20 дБ. Типовые потери на суммирование 8-ми каналов составляют 6 дБ.

Следует упомянуть также питерскую компанию «Микротех». Успех их технологии каскадирования фильтров позволяет создавать БФТК на все 99 каналов при потерях не выше 14-16 дБ. Причем, все фильтры могут быть убраны в единый пластмассовый эстетичный блок, устанавливаемый в 19” стойку. В фильтрах отсутствует переменный аттенуатор. Единственным недостатком можно назвать меньшую избирательность фильтров, недостаточную в общем случае для устранения перекрестных помех, но вполне достаточную для устранения диапазонных шумов. Типовые потери на суммирование 10-ти каналов составляют 4 дБ.

Нельзя не упомянуть и российскую компанию «Телемак», которая заслуженно славится основным производителем самых разнообразных фильтрующих устройств в России. Их каналные фильтры традиционно исполняются в унифицированных корпусах серии AMZ (рис.12) и объединяются на Z-перемычках. Потери на каждое петлевое соединение составляют 0,5 дБ. Потери на каскадирование 8-ми фильтров составляют 7-8 дБ. Основное преимущество – возможность замены каналов в случае смены частотного плана или собственная



Рис.12

перестройка фильтров со смещением на 1-2 канала. Об особенностях их новых активных БФТК мы остановимся чуть ниже.

ГК «ПиТРИ» не является производителем фильтров. Однако, представляет собой основного проектировщика схем суммирования в целом. Иными словами, она изготавливает законченные схемы сумматоров на базе БФТК от разных про-

изводителей «под ключ» с учетом специфики конкретной задачи. Совсем не сложно догадаться, что большинство операторов использует в своем составе совершенно разные типы ГС и разными уровнями выходных сигналов, с разными выходными S/N и даже в сочетании с ВОЛС (доставка части сигналов от удаленного центра или антенного комплекса). И тут уже в силу вступает именно грамотное проектирование схемы суммирования в целом.

ГК «ПиТРИ» поставляет также пассивные и активные широкополосные сумматоры ТВ каналов. Пример конструктивного исполнения БФТК в комплекте с выходным усилителем мощности и блоком питания в шасси 2U показан на рис.13.

Стоимость БФТК. Наверняка читателя интересует основной вопрос: - сколько же стоят такие чудодейственные БФТК? Однозначного ответа тут нет. Стоимость общей схемы сложения сильно зависит от конкретной задачи. Цены на отдельные фильтры, БФТК и законченные сумматоры заявлены на сайтах названных компаний. Здесь же только отметим, что средняя цена колеблется от 30 до 50 евро за канал. Так что, как видим, БФТК является совсем не дешевой «игрушкой». Тем не менее, их использование является явно оправданным в части поддержания качества сигнала, передаваемого в СКТ (например, на оптический передатчик).



Рис.13

Как же можно снизить стоимость БФТК? Простейший путь – использование в ГС двойных канальных модулей, программируемых на 2 соседних канала. Если в составе ГС используются только одноканальные модули, то их можно запрограммировать на соседние каналы и суммировать сплиттером. При использовании активных БФТК (см. ниже по тексту) такой вариант построения является оправданным. Это позволит снизить стоимость суммирования примерно в 1,6 раза. Можно также использовать и четырехканальные фильтры (например, 1 фильтр сразу на каналы 21-24). При этом стоимость общей схемы суммирования снижается примерно в 2,2 раза по отношению к схеме сложения на канальных фильтрах. Хотя, естественно, наблюдается и некоторый проигрыш в отношении выходного S/N (порядка 3-4 дБ). Однако, в некоторых случаях это является допустимым. В любом случае проектировщик БФТК подскажет вам оптимальное решение под конкретные задачи.

Диапазонные фильтры сложения. Дальнейшим путем снижения стоимости схем сложения является использование диапазонных фильтров (ДФ) на группу каналов (см. рис.14). Простейшим вариантом ДФ на 2 входа является частотный диплексер. На 3 входа –

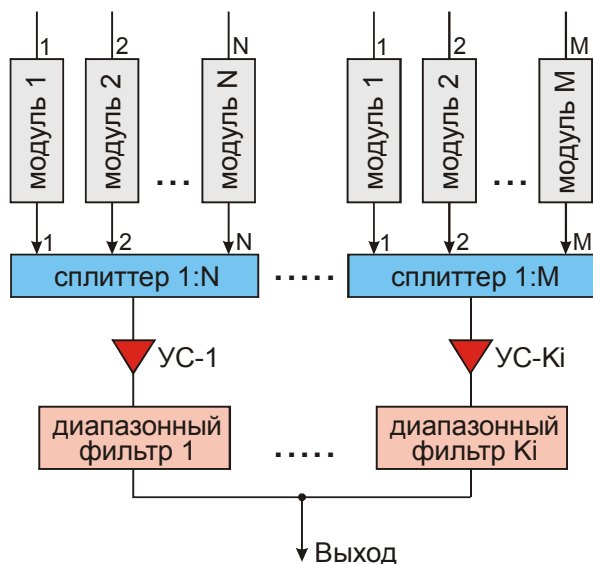


Рис.14

триплексер. И на несколько входов – мультиплексер. Такие ДФ хорошо изготавливает компания «Телемак» по специальным требованиям от ГК «ПитРИ». Недостатком использования ДФ является тот нежелательный факт, что между частотными поддиапазонами должен быть частотный пробел (обычно не менее 2-3-х каналов), что снижает максимальное число суммируемых каналов. Тем не менее, за счет использования схемотехнических ухищрений иногда ГК «ПитРИ» удается сложить безболезненно до 6-ти блоков разнотипных ГС (!). Очень хорошо в этом случае помогает новый широкополосный усилитель мощности от «Телемак» AMZ-208P с выходным уровнем 109 дБмкВ (42 канала, плоская АЧХ) при коэффициенте усиления 25 дБ.

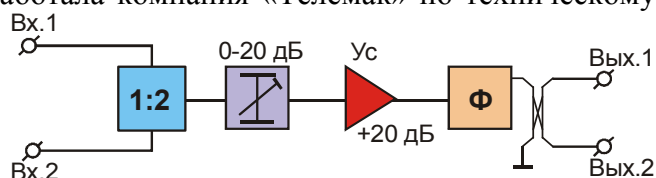
Типичный пример – замечательная гибкая и экономичная ГС класса «А» от Icus. Но вот схема сложения для нее выполнена очень неудачно. Для предварительного суммирования ТВ каналов в ней используются активные сумматоры (сплиттеры 1:2 с усилителями по каждому из входов) АМХ-400 на 4 входа. В итоге такой активный комбайнер позволяет суммировать до 24-х ТВ каналов. При этом искажения (IMD) не превышают 75 дБ! Замечательные параметры. Только при этом почему-то забывается, что диапазонные шумы всех усилителей, входящих в сумматоры, суммируются. Да еще на выходе добавляется общий выходной усилитель мощности НРА-120 (реже – НРА-

125). А этот усилитель обладает максимальным уровнем выходного сигнала 103 дБмкВ на 72 канала при явно завышенном коэффициенте усиления 47 дБ (!) и коэффициенте шума $F = 6$ дБ. Для реализации $CTB > 70$ дБ требуется устанавливать уровень выходного сигнала никак не выше 98 дБмкВ. А это, согласно формуле (4), реализует $S/N = 42,6$ дБ. И это – без учета вклада шумов активных сумматоров АМХ-400. Таким образом, данная отличная ГС за счет неудачной схемы суммирования «взлетит» или в шумах, или в искажениях. Очень неудачная схема сложения каналов. Достаточно сказать, что только за 2012 год ГК «ПиТРИ» получила 6 заказов на доработку схемы сложения именно для этой ГС. Переделка же схемы сложения позволила во всех случаях реализовать $S/N > 52$ дБ при $CTB/CSO > 68...87$ дБ на диапазонных фильтрах и $S/N > 55...57$ дБ на канальных фильтрах.



Активные БФТК. Рассмотрение схем сложения на разных типах БФТК позволяет сделать вывод, что конечные параметры схемы сложения ТВ каналов зависят от диапазонных шумов канальных модулей, числа суммируемых каналов, избирательности самих БФТК и качества выходного усилителя мощности. А можно ли полностью устранить диапазонные шумы и не использовать при этом выходной усилитель мощности, приводящий к появлению CTB и CSO (напомним, что интермодуляционные искажения появляются только при использовании широкополосных усилительных устройств, а при использовании только канальных устройств они полностью отсутствуют, что является идеальным случаем)? Да. Можно. Если использовать канальные избирательные усилители в качестве фильтров в БФТК. А этом случае сумматор является идеальным устройством, гарантирующим требуемый уровень выходного сигнала (например, 85 дБмкВ для подачи на оптический передатчик) при полном отсутствии интермодуляционных искажений (CTB и CSO).

Именно такие активные БФТК и разработала компания «Телемак» по техническому заданию ГК «ПиТРИ». Такие линейки часто именуют активными фильтрами (см. фото). Укрупненная структурная схема такой линейки показана на рис.15. Такие активные фильтры (AMZ-201-S) обладают коэффициентом передачи в 20 дБ при максимальном канальном уровне выходного сигнала 110 дБмкВ. Линейки таких фильтров могут быть настроены на 1 или 2 канала, что также понижает конечную стоимость БФТК. Фильтры на требуемые каналы набираются за счет рассмотренного выше традиционного Z-соединения (ГК «ПиТРИ» использует специальные соединители от Alcad с возможностью тока транзита до 2,5 А на все другие БФТК от одного блока питания, входящего в состав Master выходного блока). На входе активных фильтров могут устанавливаться сплиттеры или направленные ответвители (при необходимости).



Таим образом, такие активные БФТК позволяют суммировать ТВ каналы от любых канальных модулей с уровнем выходного сигнала от 70...100 дБмкВ. При этом уровень выходного группового сигнала составляет 80-90 дБмкВ и проектируется индивидуально под требования заказчика. Как и ранее, что БФТК размещены в отдельных 19" блоках для удобства размещения в стойке. Пример БФТК на 10 каналов показан на фото.

Таким образом, такие активные БФТК позволяют суммировать ТВ каналы от любых канальных модулей с уровнем выходного сигнала от 70...100 дБмкВ. При этом уровень выходного группового сигнала составляет 80-90 дБмкВ и проектируется индивидуально под требования заказчика. Как и ранее, что БФТК размещены в отдельных 19" блоках для удобства размещения в стойке. Пример БФТК на 10 каналов показан на фото.

Что же при этом происходит к канальным отношением (S/N)к? Для этого обратимся к формулам (4) и (5). Получаем, что собственное S/N канального активного фильтра даже при уровне выходного сигнала всего в 100 дБмкВ не превысит 70...72 дБ, что более чем достаточно. Так, при каскадировании с канальным модулем, имеющим собственное $S/N = 58$ дБ, суммарное выходное S/N в наихудшем случае составит 57,7 дБ. Т.е. произойдет понижение S/N всего на 0,3 дБ (в пределах погрешности измерений). А вот интермодуляционные искажения (CTB и CSO) не появятся вообще! Таким образом, все виды диапазонных искажений головного оборудования целиком будут определяться только параметрами используемого оптического оборудования. А это означает, что можно приобрести более дешевое оптическое оборудование и использовать оптические приемники на предельно низких входных оптических мощностях.

Таким образом, за счет использования активных БФТК не только повышается качество сигнала у абонента, но и снижается стоимость оборудования СКТ в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чулков В. Особенности суммирования сигналов в многоканальных головных станциях СКТВ. «ТелеСпутник», 2009, №5, с.80, 82.