

## Особенности суммирования сигналов в многоканальных головных станциях СКТВ.

### Теория.

В своей работе оператор сети кабельного телевидения неизбежно сталкивается с задачей суммирования на головной станции радиосигналов множества ТВ программ. Кажется что решение очевидно, достаточно сделать простой широкополосный пассивный сумматор на сплиттерах и ответвителях как показано на рисунке 1а. Ведь современные модуляторы и конвертеры имеют весьма неплохие характеристики по избирательности и внеполосным излучениям и, казалось бы, не требуют применения дополнительных устройств при суммировании.

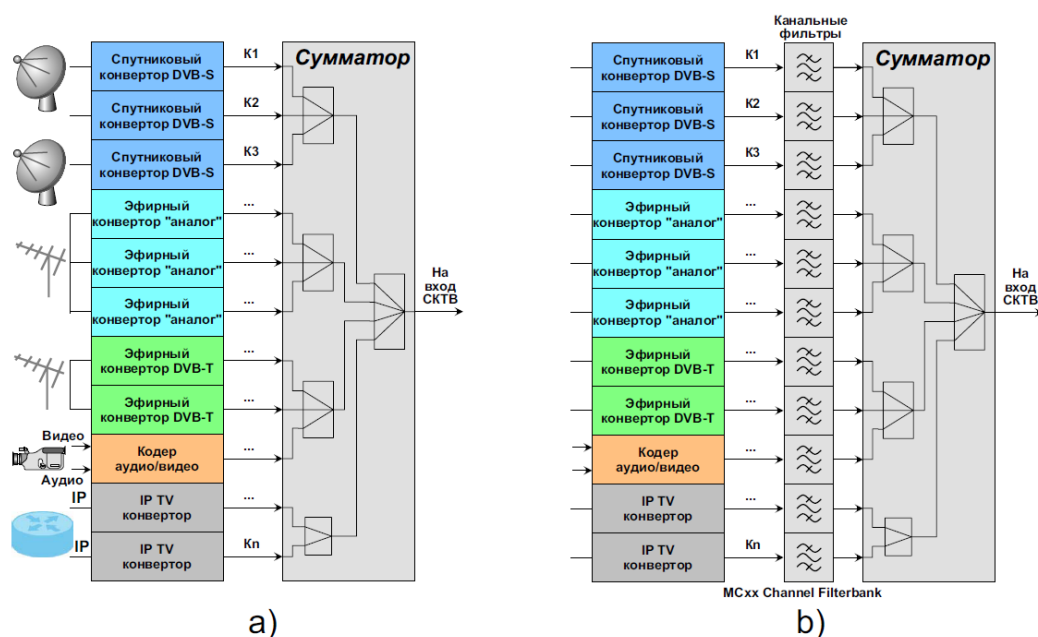


Рисунок 1.

Такое решение дает оператору ряд преимуществ:

- ✓ Сумматор прост и имеет низкую стоимость,
- ✓ Все входы сумматора равноценны и широкополосны, нет необходимости подключать каждый модуль к конкретному входу,
- ✓ Однотипные модули ГС взаимозаменяемы,
- ✓ Для целей резервирования достаточно иметь только по одному модулю каждого типа,
- ✓ Резервные модули можно держать постоянно подключенными к сумматору.

Но не все так просто. На рисунке 2 показана типичная структура выходных цепей конвертера головной станции. В повышающем конвертере, который стоит после формирователя ПЧ, на выходе смесителя устанавливается перестраиваемый полосовой фильтр и регулируемый аттенуатор. И уже после них стоит широкополосный усилитель, который усиливает сигнал до номинального выходного уровня модуля. Такое построение – это вынужденная мера, связанная с тем, что для создания электронно-перестраиваемых фильтров используются полупроводниковые диоды – варикапы, а они способны работать

только на малых уровнях сигналов. При больших уровнях они начинают вносить в сигнал заметные нелинейные искажения.

Такое построение выходных каскадов используются в эфирных и спутниковых конверторах, модуляторах. Практически такие же цепи используются и в модулях для цифрового телевидения. Более того, даже ультрасовременные пограничные IP TV преобразователи чаще всего содержат аналогичные выходные каскады. Поэтому все дальнейшие рассуждения будут одинаково применимы как к традиционным аналоговым устройствам, так и к новым цифровым или IP TV модулям.

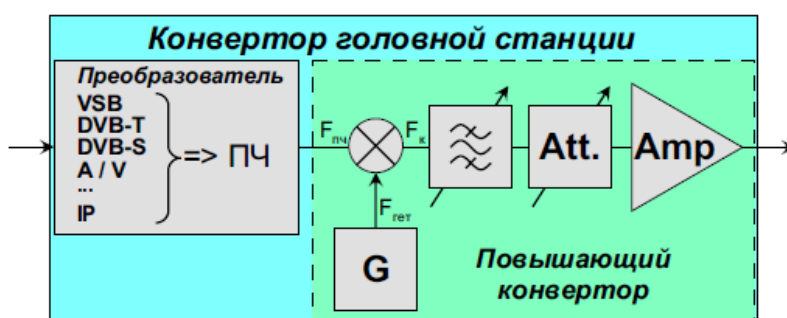


Рисунок 2.

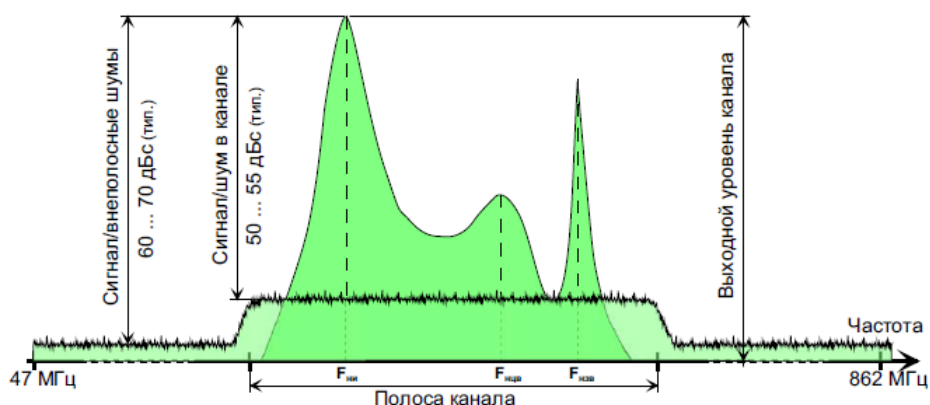


Рисунок 3.

На рисунке 3 показан типичный вид спектрограммы выходного сигнала такого конвертора. На ней можно видеть пик, соответствующий уровню радиосигнала несущей изображения ( $F_{ни}$ ). Ниже, в полосе пропускания конвертора, можно видеть «пьедестал», образованный шумами полного тракта конвертора, включая формирователь ПЧ. Типовой уровень шумов «пьедестала» составляет - 50...- 55 дБс<sup>1</sup>. Собственно разница между этими уровнями и определяет один из самых важных параметров головной станции «отношение сигнал/шум» выходного сигнала.

За границами полосы пропускания конвертора уровень шумов значительно снижается, до значений в - 60...-70 дБс. Это шумы выходного широкополосного усилителя и они присутствуют во всей рабочей полосе частот ГС. При использовании отдельного модуля или при малом числе каналов ГС они значительно ниже собственных шумов конвертора и их можно не учитывать.

<sup>1</sup> Реально эти цифровые значения вычисляются через полосу анализа спектроанализатора и эквивалентную шумовую полосу канала. Для упрощения на рисунке обозначены эти вычисленные значения.

Однако при суммировании сигналов с использованием пассивного широкополосного сумматора эти широкополосные шумы складываются и попадают в полосы всех каналов, используемых в сети, ухудшая в них отношение сигнал/шум. При этом, с увеличением количества каналов формируемых ГС, это ухудшение становится все более существенным.

Величину уровня шума усилителей на выходе сумматора можно рассчитать по формуле:

$$U_{ш} = 2,4 + F + G + 10 \log(N)$$

Где :  $U_{ш}$  – уровень шума на выходе сумматора ГС [дБмкВ];  
 $F$  - коэффициент шума усилителя [дБ];  
 $G$  - коэффициент усиления усилителя, с учетом ослабления сумматора [дБ];  
 $N$  - количество каналов ГС.

Из этой формулы видно, что суммарный уровень широкополосного шума на выходе ГС возрастает пропорционально логарифму количества распределяемых каналов.

Так при формировании пакета из 60-ти ТВ каналов широкополосные шумы увеличиваются на 18 дБ по сравнению с широкополосным шумом отдельного модуля. И в данном случае их значение составит уже – 42...- 52 дБс. Такое значение превышает собственные шумы конвертора! Это приводит к ухудшению отношения сигнал/шум **во всех каналах распределения** на 3...7 дБ. В некоторых случаях выходное отношение сигнал/шум может упасть до значений ниже, требуемых по ГОСТ Р 52023-2003.

### ***Практика.***

Для того чтобы экспериментально проверить эти выкладки, в лаборатории фирмы WISI была собрана экспериментальная ГС, состоящая из 56 модулей OV76A - преобразователей DVB-S в PAL. Выбор модулей был обусловлен тем, что в них выходной сигнал формируется из цифрового потока и, поэтому, обеспечивается наилучшее отношение сигнал/шум на выходе.

Сначала были проведены измерения выходного отношения сигнал/шум для отдельных модулей.

Затем сигналы от этих модулей были просуммированы при помощи пассивного широкополосного сумматора и снова были проведены измерения отношения сигнал/шум уже в суммарном сигнале. Результаты измерений были занесены в таблицу 1.

**Таблица 1.**

Среднее отношение с/ш для отдельных модулей	Среднее отношение с/ш при широкополосном суммировании	Среднее ухудшение отношения с/ш при широкополосном суммировании	Среднее отношение с/ш при использовании канальных фильтров при суммировании	Среднее ухудшение отношения с/ш при использовании канальных фильтров при суммировании	Выигрыш от использования канальных фильтров при суммировании
59,3 дБ	53,9 дБ	5,4 дБ	58,1 дБ	1,2 дБ	<b>4,2 дБ</b>

Обработка результатов измерений подтвердила теоретические выкладки начала статьи. Пассивное суммирование сигналов при 56 каналах трансляции снизило отношение сигнал/шум в выходном сигнале в среднем на 5,4 дБ по сравнению с этим значением для одиночного модуля, что является весьма значительным ухудшением сигнала.

### ***Что же делать, чтобы исправить ситуацию?***

Ответ на этот вопрос давно известен профессионалам - необходимо на выходах всех модулей ГС ставить полосовые канальные фильтры. Так делается в блоках ГС высокого класса. Но, по причинам описанным выше, такие фильтры трудно сделать перестраиваемыми, и модули приходится делать заказными, на заданные каналы. Такие станции, построенные на базе профессиональных модулей, имеют весьма высокие характеристики, но в них трудно изменить частотную расстановку каналов. Кроме того, для целей резервирования в них необходимо иметь полный набор запасных модулей. Это значительно поднимает стоимость создания и эксплуатации таких станций и ограничивает область их применения.

Существует и более простое решение. Достаточно на входе пассивного сумматора поставить блок канальных фильтров, настроенных в соответствии с частотным планом сети и подключить к ним каналобразующие модули. Схема такого решения показана на рис. 1б. В этом решении можно использовать перестраиваемые модули ГС, поэтому для целей резервирования достаточно иметь в запасе лишь по одному модулю каждого типа. Канальные же фильтры являются недорогими пассивными устройствами с очень низкой вероятностью отказа, поэтому их наличие практически не снижает общей надежности ГС. Например, для построения сумматоров ГС такого типа Фирма WISI выпускает специализированные заказные блоки канальных фильтров марки «МСхх Channel Filterbank».

Чтобы проверить эффективность этого решения, сигналы от модулей были просуммированы через такой блок канальных фильтров. Снова были проведены измерения выходного отношения сигнал/шум и все результаты были занесены в таблицу 1.

Анализ результатов показал, что суммирование сигналов с использованием канальных фильтров, подключенных на выходы модулей, практически полностью устранило эффект суммирования широкополосных шумов, что улучшило отношение сигнал/шум **для всех каналов** на выходе сумматора в среднем на 4,2 дБ. Потери в отношении сигнал/шум по сравнению с одиночным модулем составили всего 1,2 дБ. Это снижение несущественно и объясняется наличием затухания в канальных фильтрах. Наличие затухания немного снизило уровень полезного сигнала, за счет чего и снизилось отношение С/Ш.

Учитывая достаточно низкую стоимость канальных фильтров эффект от их применения оказался более чем существенный!

### ***Практические рекомендации.***

Для создания сумматора ГС с наилучшими шумовыми характеристиками необходимо учитывать следующие соображения:

- ✓ Эффект суммирования широкополосных шумов характерен, в первую очередь, для универсальных перестраиваемых модулей;
- ✓ Эффект сильнее проявляется при увеличении количества транслируемых каналов;
- ✓ Эффект проявляется на всех видах сигналов как аналоговых, так и цифровых;
- ✓ При создании многоканальной головной станции кабельного телевидения высокого класса желательно использовать модули с фиксированными настройками и установленными на выходе канальными фильтрами;
- ✓ Если нет возможности использовать модули с фиксированными настройками, то необходимо осуществлять суммирование их сигналов через блок канальных фильтров с частотами, соответствующими частотному плану сети;

- ✓ При наличии сложностей с установкой блока канальных фильтров, желательно разбить весь диапазон работы ГС на части и осуществить суммирование сигналов в каждом диапазоне отдельным сумматором, а затем объединить их через диплексорные фильтры;
- ✓ Использование канальных фильтров при суммировании дополнительно снижает уровень нелинейных искажений в каналах за счет улучшения развязки между выходными усилительными каскадами модулей;
- ✓ Суммирование сигналов желательно вести на максимальных уровнях (регуляторы усиления в положениях близких к максимальным).

*Примечание. В связи с большим объемом, в статье не приведена полная таблица с результатами измерений параметров, а дана только краткая версия. Желающие могут ознакомиться с полной версией таблицы на сайте журнала.*

Вячеслав Чулков,

Технический эксперт фирмы WISI.