

О развязке абонентских ответвителей в интерактивных сетях кабельного телевидения.

О. Чеботаренко,
Сателлит Лтд.

В связи с использованием обратного канала для передачи сигналов от абонентов, требования к развязке (изоляции) между любыми двумя абонентскими отводами в интерактивных телевизионных сетях значительно ужесточаются.

При использовании однонаправленной телевизионной сети развязки отвод-отвод и выход-отвод абонентского этажного ответвителя должны были обеспечивать отсутствие помех лишь от гетеродина телевизионного приемника соседа, паразитный сигнал от которого всегда присутствует на входе телевизора. Уровень сигнала гетеродина на входе телевизора – величина, нормируемая техническими условиями производителей телевизионных приемников и строго соблюдаемая. Как правило, она не превышает 40 dB μ V. Кроме того, еще совсем недавно при проектировании и эксплуатации сетей кабельного телевидения существовали (и выдерживались!) частотные планы, учитывающие возможность проникновения сигналов гетеродинов на другие телевизоры. Такие частотные планы запрещали использование ряда каналов, которые могли быть поражены помехой. Это приводило к существенному ограничению числа программ в сети, зато обеспечивало низкие требования к развязке между двумя абонентскими отводами. Фактически, не требовалась развязка более 22 дБ [1], которая защищала телевизор абонента даже не от сигнала гетеродина телевизора соседа, а от его гармоник. Такое положение вещей устраивало всех вплоть до начала 90-х годов (хочется добавить "прошлого века"), когда число программ в московских сетях не превышало пяти. Если мне не изменяет память, программа ТВ6 стала появляться в сетях кабельного телевидения только где-то году в 91-м. С развитием кабельного телевидения, появлением новых программ, даже с учетом расширения используемого в сети частотного диапазона отказываться от использования так называемых пораженных каналов стало непозволительной роскошью. Тем более что и расширяться было, как оказалось, особенно некуда. Практически все крупные московские сети используют диапазон всего лишь до 300 МГц. Причины известны – старый кабель, старые "РАшки", "УАРы", большие затухания на высоких частотах... Объективно встала необходимость уплотнять частотный спектр, т.е. занимать каналы, которые считались пораженными, а следовательно и повышать требования к межабонентской развязке. Учитывая это обстоятельство, в последнем (действующем) ГОСТе появился дополнительный пункт, гласящий, что при такой ситуации развязка между любыми двумя абонентами должна быть не менее 46 дБ [2].

Легко прикинуть, какие, исходя из этого, требования должны предъявляться к абонентскому ответвителю домовой распределительной сети – той самой "рашке", установленной у вас на лестничной клетке. Предположим, что суммарные потери в кабеле, проложенном по квартире и телевизионной розетке (если она есть), т. е. между выходом абонентского ответвителя (АО) и входом телевизора, составляют приблизительно 5 дБ, что не далеко от истины (рис. 1). Тогда затухание участка сети между двумя телевизорами, находящимися на одной лестничной клетке

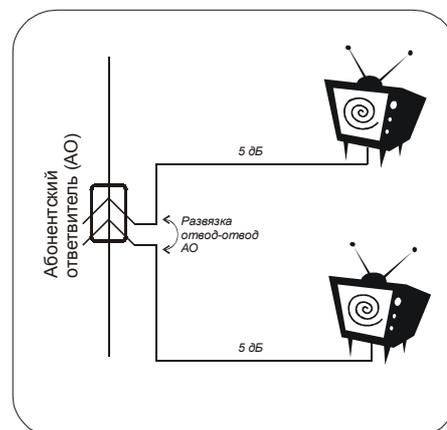


Рис. 1

составит: 5 дБ + развязка отвод-отвод АО + 5 дБ, что согласно ГОСТу должно составлять не менее 46 дБ. Отсюда развязка отвод-отвод абонентского

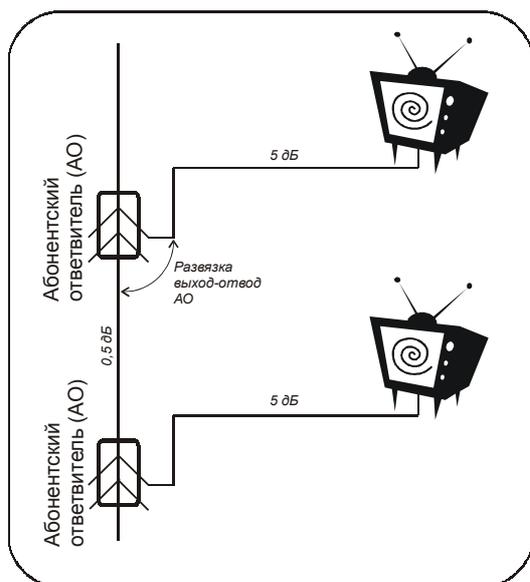


Рис. 2

ответвителя должна составлять не менее 36 дБ. Рассмотрим теперь два телевизора, находящихся на разных этажах (рис. 2). Допустим, что они подключены к ответвителям, имеющим затухание на отвод 10 дБ (минимальное значение для 4-отводных ответвителей) и затухание в кабеле между этажами составляет 0,5 дБ, что опять-таки недалеко от истины. Тогда затухание между этими телевизорами составит (двигаемся снизу вверх): 5 дБ + 10 дБ + 0,5 дБ + развязка выход-отвод АО + 5 дБ, что также должно составлять не менее 46 дБ. Отсюда получаем, что развязка выход-отвод абонентского ответвителя должна быть не менее 25,5 дБ. Для ответвителей с большим затуханием на отвод этот параметр может быть хуже, но ГОСТ требует выполнения норм для любых

абонентов.

Таким образом, получается, что абонентские ответвители, удовлетворяющие существующему ГОСТу должны иметь следующие параметры:

развязка **отвод-отвод** не менее **36 дБ**

развязка **выход-отвод** не менее **25,5 дБ**.

В качестве лирического отступления зададим себе вопрос – существуют ли сети, где эти требования выполняются? И почему Минсвязи сертифицирует оборудование, заведомо не удовлетворяющее современным требованиям? Сегодня в подавляющем большинстве случаев в качестве этажных используются ответвители с параметрами развязки отвод-отвод 22...25 дБ.

Рассмотрим теперь телевизионную сеть, использующую обратный канал. Возьмем двух соседних абонентов, у одного из которых установлен кабельный модем для приема и передачи данных (рис. 3). Работая в режиме приема, модем подобен обычному телевизору и проблем создает ничуть не больше. Если же начинается передача данных, то он превращается в источник помехи с точки зрения соседнего абонента. Посмотрим, что происходит в реальной сети, построенной на дешевых ответвителях с типовой развязкой 25 дБ. Максимальный выходной уровень кабельного модема составляет 110 дВ μ V и вполне возможно, что он будет работать именно на этом уровне. Этот сигнал, пройдя цепочку: модем - абонентский ответвитель - телевизор соседа, придет ко входу соседнего телевизора с уровнем 110 - 25 - 5 - 5 = 75 дВ μ V. Как известно, минимальный уровень телевизионного сигнала у абонента, определяемый все тем же ГОСТом составляет (в диапазоне МВ) 57 дВ μ V [3]. И хотя сигнал модема будет находиться в полосе обратного канала, а полезный (телевизионный) сигнал

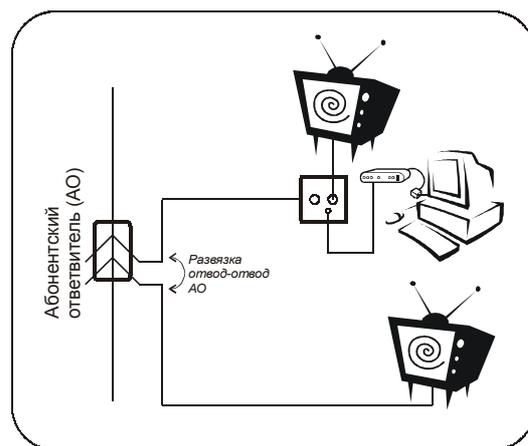


Рис. 3

в полосе прямого, т.е. разница между ними будет не менее 20 МГц, такой уровень помехи на входе телевизора не может не настораживать. Хуже другое. Как и у любого генератора сигнала, у абонентского модема на выходе присутствует целый спектр паразитных колебаний – гармоник, некоторые из которых вполне могут попасть в полосу, занимаемую каким-то телевизионным каналом. Подавление этих гармоник фильтрами в самом модеме имеет вполне конечную величину и не превышает, учитывая "ширпотребность" подобных изделий, как правило, 50 дБ. Таким образом, мы уже будем иметь на входе соседнего телевизора прямую помеху в полосе канала с уровнем 25 dB μ V. В случае минимально допустимого ГОСТом входного уровня телевизионного сигнала 57 dB μ V отношение сигнал-помеха будет составлять всего 32 дБ. Даже если уровень телевизионного сигнала будет удовлетворять собственным требованиям Мостелекома (не менее 72 dB μ V) отношение сигнал-помеха не превысит 47 дБ. Напомним, что ГОСТ требует, чтобы отношение сигнал – комбинационная помеха было не менее 54 дБ [4]. Гармонику сигнала модема можно рассматривать как эквивалентную комбинационную помеху в силу ее узкополосности. Таким образом, и в этом случае приходится делать вывод о недопустимости использования абонентских ответвителей с малой развязкой. Приведенные рассуждения показывают, что этот параметр должен быть по крайней мере на 7 дБ выше и составлять как минимум 32 дБ. Первоначально сэкономив, потом придется вкладывать дополнительные средства на переоснащение всей домашней разводки.

Принимая во внимание известный постулат об отсутствии пророка в своем отечестве, мы обратились к опыту зарубежному. И вот что удалось выяснить у наших немецких коллег. В связи с появлением и развитием интерактивного кабельного телевидения в Германии был организован специальный форум, участниками которого являлись члены двух немецких организаций – ANGA (Ассоциация частных операторов кабельного телевидения Германии) и ZVEI (Центральная ассоциация электротехнической и электронной промышленности, отдел антенной и широкополосной техники). Целью данного форума являлась разработка рекомендаций для построения широкополосных интерактивных сетей кабельного телевидения, включая требования к оборудованию и топологии сетей. Выработанные требования были обоснованы результатами испытаний, проведенными отдельными участниками форума. Рекомендации были сформулированы в двухтомном издании под названием "Телевизионные кабельные сети: гарантии для будущего путем перехода к интерактивным широкополосным сетям" и изданы в сентябре 1998 года. Понятно, что в сентябре 1998 года нам было не до их развязок, хватало своих, но сейчас приходится задумываться и об этом. Так вот, во втором томе указанного издания, где описываются требования к развязке между кабельным модемом и телевизором, говорится буквально следующее:

"Одновременное пользование различными оконечными мультимедиа-устройствами без помех гарантировано совместным применением пригодных абонентских розеток. При этом не имеет значения, подключены ли оконечные устройства одновременно к разным розеткам или к одной розетке. Исследования телевизионных приемников разных производителей показали, что уже уровень сигнала ≥ 40 dB μ V в частотном диапазоне ≤ 47 МГц вызывает визуально воспринимаемые влияния на качество изображения. Исходя из предполагаемого максимального уровня сигнала 114 dB μ V с кабельного модема или сеттопбокса с встроенным кабельным модемом, определяется требование к развязке между отводами для кабельного модема и для телевизионного приемника в значении не меньше 74 дБ" [5].

Обратим внимание, что здесь речь идет о развязке в полосе обратного канала. В дальнейшем это требование слегка смягчили и на практике остановились на 70 дБ. Справедливости ради нужно отметить, что из материалов форума не совсем ясно, идет ли речь о сигнале модема, попадающем в полосу ПЧ телевизионного приемника (32,15... 40,15 МГц), или о произвольном сигнале в диапазоне обратного канала 5...65 МГц (становится все более очевидным, что полосы 5...30 МГц, первоначально отводимой под обратный канал, будет явно не хватать). Совершенно ясно, что в пределах полосы ПЧ телевизора развязка между модемом и входом телевизора должна быть гораздо выше, чем для остальной полосы обратного канала. Тем не менее, форум рекомендовал

исходить из необходимости обеспечения развязки 70 дБ для всего диапазона обратного канала. Для обеспечения этого параметра фирма WISI разработала специальную абонентскую телевизионную розетку с выходом для кабельного модема.

От обычной телевизионной розетки она отличается дополнительным фильтром верхних частот, установленным перед делителем ТВ/Радио (рис. 4). Этот фильтр обеспечивает дополнительное затухание для сигналов в полосе обратного канала порядка 30 дБ. В результате, сигнал от модема соседнего абонента следуя по цепочке: модем абонента 1 - абонентский этажный ответвитель - розетка - телевизор абонента 2 затухнет на необходимые 70 дБ, при условии развязки абонентского

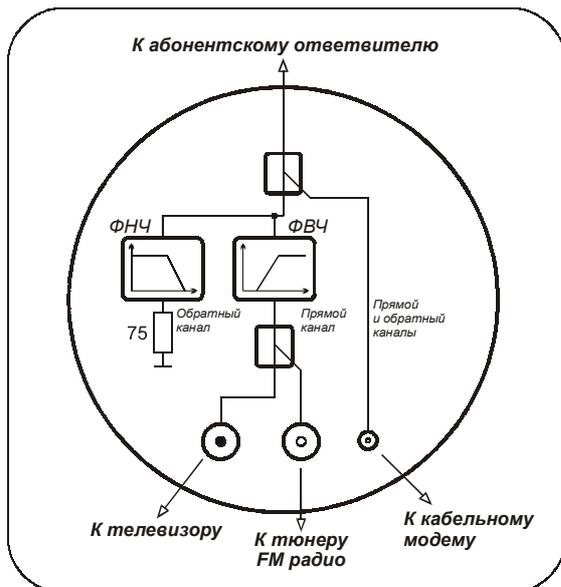


Рис. 4

ответвителя не менее 36 дБ (4 дБ оставляем на затухание в кабелях квартирных разводок). Таким образом, мы вновь приходим к выводу о недопустимости использования в современных интерактивных телевизионных сетях этажных ответвителей с недостаточными параметрами по развязке.

Исходя из вышеперечисленных доводов в пользу важности этого параметра, мы решили проверить, какая же реально складывается картина на нашем рынке кабельного оборудования. Дабы избежать обвинений в предвзятости и некомпетентности, мы обратились в лабораторию ГАО "Мостелеком", имеющую поверенный измерительный стенд фирмы Wavetek. Были проведены измерения развязки отвод-отвод и выход-отвод для абонентских ответвителей нескольких распространенных в России марок. Для большей достоверности сравнивались ответвители с близкими параметрами по затуханию на отвод. Измерения проводились для всех комбинаций отвод-отвод и выход-отвод, а в качестве результата выбиралось наихудшее значение на каждой частоте. Результаты измерений показаны в виде двух графиков (граф. 1, 2). Маркированной линией обозначены критические значения параметров, о которых говорилось выше. Объективности ради следует отметить, что измерения проводились на случайно выбранном ответвителе каждого типа, статистика по выборке не проводилась - у нас такой возможности

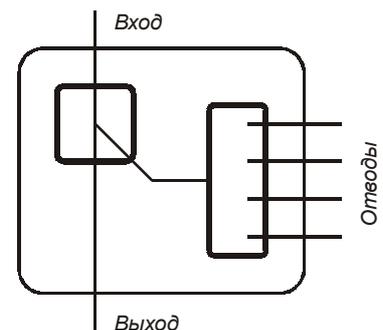


Рис. 5

просто не было. Тем не менее, по нашему опыту можно утверждать, что девиация параметров от экземпляра к экземпляру картину практически не изменит.

Как видно, далеко не все изделия удовлетворяют вышеперечисленным требованиям по развязке. И если с развязкой выход-отвод у всех ответвителей все более-менее в порядке, то по развязке отвод-отвод проходят только ответвители WISI и Teleste^{*}). Такие различия в параметрах объясняются схемотехническими решениями ответвителей. Существуют две структурные схемы реализации этих устройств. Одна, наиболее распространенная и более дешевая, представляет собой связку: направленный ответвитель – делитель (рис. 5). Эта система не позволяет получить большую развязку отвод-отвод из-за принципиальных особенностей делителя на четыре. В то же время развязка выход-отвод здесь получается вполне приличной. Отличительной особенностью таких ответвителей является одинаковое затухание сигнала на всех абонентских отводах, заявляемое в каталогах. С одной стороны, это удобно при расчете сетей, но одновременно указывает на используемую внутреннюю структуру и, следовательно, на недостаточную развязку между отводами.

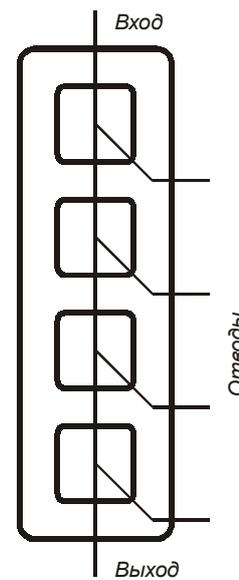


Рис. 6

Другой принципиальной структурной схемой является последовательное включение четырех направленных ответвителей, что реализовано, например, у WISI (рис. 6). Данный подход позволяет получить высокую развязку как между отводами, так и между выходом и отводами. Такой тип ответвителей нам представляется единственно приемлемым для использования в современных интерактивных телевизионных сетях. Его недостатком является принципиальная невозможность получить одинаковое затухание сигнала на всех отводах, так как происходит накопление проходного затухания ответвителей. Однако недостаток этот скорее теоретический, поскольку не существует требований обеспечить одинаковый уровень сигнала всем абонентам, необходимо лишь уложиться в отведенный коридор, а разница в 1-2 дБ не представляется принципиальной. Более существенным минусом является большее, по сравнению с предыдущей схемой, затухание на проход, что обусловлено последовательным соединением четырех ответвителей против одного. Поэтому использование этих ответвителей предполагает более частую установку домовых усилителей, что, конечно, будет сказываться (хотя и не очень существенно!) на экономике проекта.

У схемы, приведенной на рис. 5 есть еще один, весьма существенный практический недостаток, о котором часто просто не задумываются. Это - сильная зависимость параметров от согласования выходов. При проведении измерений ко всем незадействованным выходам ответвителя подключалась, естественно, согласованная нагрузка 75 Ом. В реальных сетях это выполняется далеко не всегда – кто-то из абонентов не подключен, у кого-то неисправен кабель или вообще нет телевизора. Короче говоря, часто условие согласования не выполняется. Так вот оказывается, что в этом случае все параметры ответвителя, в том числе и развязки между выходами ухудшаются. Причем, если у схемы с направленными ответвителями (рис. 6) это практически не заметно, особенно при больших номиналах затухания на отвод, то для схемы с делителем (рис. 5) такая ситуация вызывает весьма значительное ослабление развязки. Это тоже следует иметь в виду.

Резюмируя все вышесказанное можно порекомендовать операторам сетей кабельного телевидения обратить более пристальное внимание на эти аспекты и

при выборе оборудования для реконструкции и строительства новых участков исходить не только из сиюминутных экономических соображений.

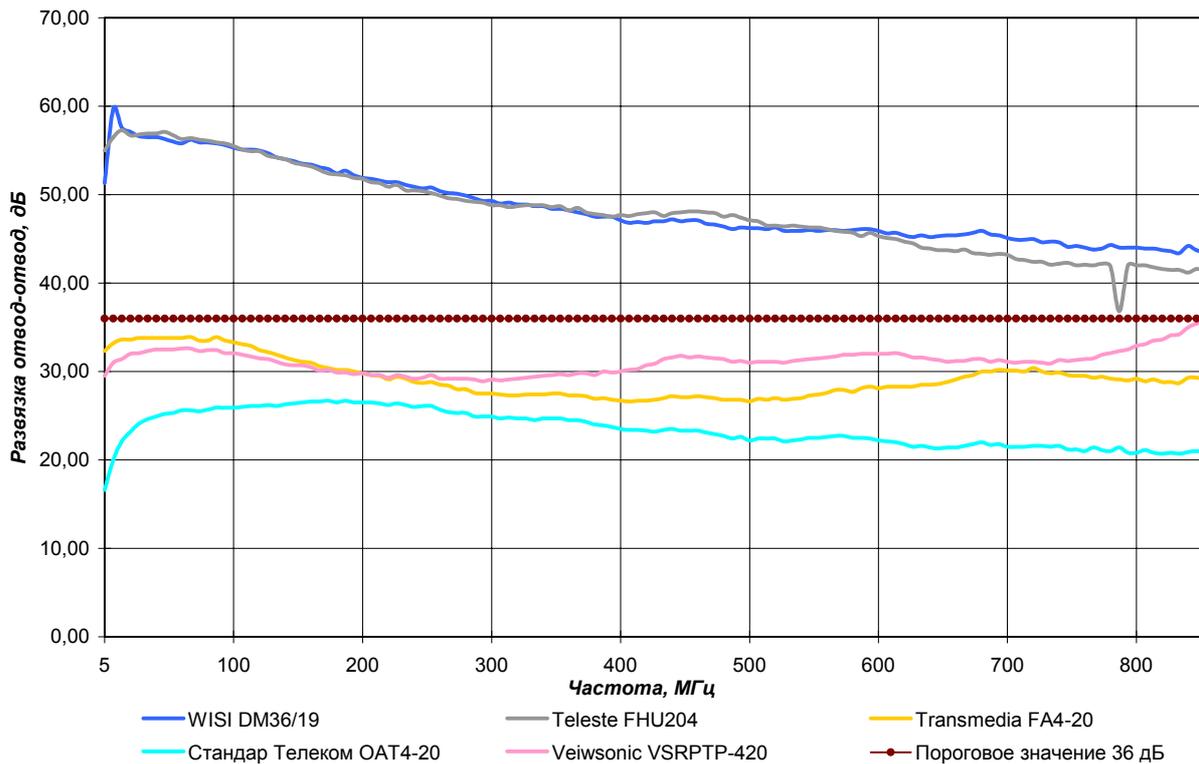
В заключение хочется поблагодарить В. Чулкова (ГАО "Мостелеком") за проведение лабораторных измерений и ряд ценных советов, а также М. Кондрашина (Сателлит Лтд) за обработку этих измерений при подготовке статьи.

Литература:

1. ГОСТ 28324-89 "Сети распределительные приемных систем телевидения и радиовещания", п. 2.4.
2. ГОСТ 28324-89 "Сети распределительные приемных систем телевидения и радиовещания", п. 2.5.
3. ГОСТ 28324-89 "Сети распределительные приемных систем телевидения и радиовещания", п. 2.2, таблица 2.
4. ГОСТ 28324-89 "Сети распределительные приемных систем телевидения и радиовещания", п. 2.11.
5. TV-Kabelnetze: Zukunftssicherheit durch Ausbau zu interaktiven Breitbandnetzen. Teil II – Netzausbau. *Empfehlungen des Forums ANGA – ZVEI – September 1998.*

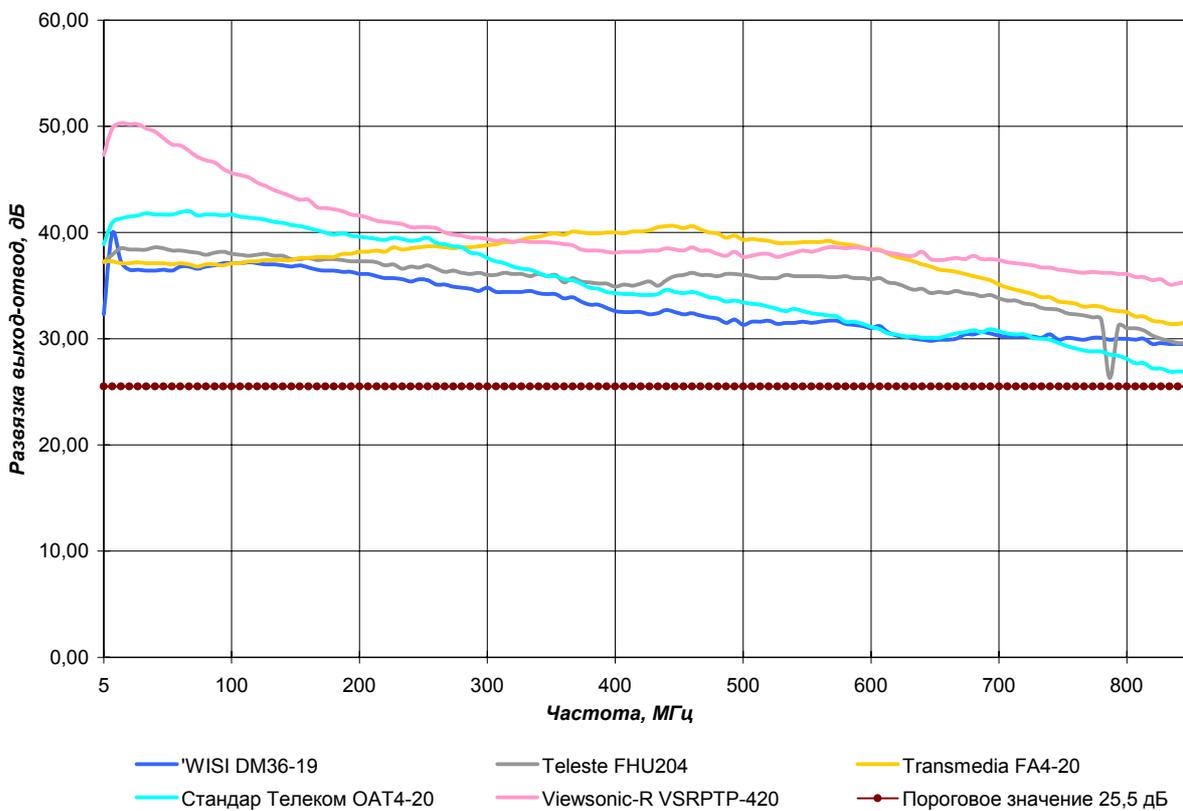
*) К сожалению, у нас не было экземпляров ответвителей фирмы Hirschmann. Однако, уровень этой компании позволяет допустить, что ее изделия находятся в одном ряду с ответвителями WISI и Teleste.

Развязка отвод-отвод



Граф. 1

Развязка выход-отвод



Граф. 2