

Кочеров А.В.

К ВОПРОСУ О ПРИГОДНОСТИ КАНАЛОВ ТОНАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Проблемой, вынесенной в заголовок, автор занимается уже более пяти лет и все это время получает от представителей сетей передачи данных (ПД) вопросы, сводящиеся к следующим:

1) Чем отличается выделенный канал тональной частоты (ТЧ), арендуемый для ПД, от такого же канала, но арендуемого для голосовой связи, и почему за первый арендная плата существенно выше?

2) Почему, если эта плата действительно выше, модемы время от времени "слетают". И как узнать причину такого поведения?

3) Что сделать для того, чтобы этого не происходило впредь?

Отчаявшись высказать свое мнение индивидуально каждому вопрошающему, отвечаю всем данной статьей.

Телефонные каналы, выделяемые для ПД, должны выбираться и настраиваться каналовладельцами с учетом существенно более широкого перечня параметров, чем каналы для традиционного телефонного использования, что нашло отражение как в международной практике, так и в отечественной. Так существуют четыре рекомендации секции стандартизации Телекоммуникаций Международного Союза Электросвязи (МСЭ-Т), которые регламентируют качество международных арендованных каналов, назначение и отличия которых представлены в Таблице 1:

Таблица 1. Качество международных арендованных каналов

Нормируемые параметры	Рекомендации МСЭ-Т			
	М.1020 каналы особого качества со специальной коррекцией	М.1025 каналы особого качества с обычными условиями	М.1030 каналы обычного качества, входящие в состав частных коммутируемых телефонных сетей	М.1040 каналы обычного качества
1.Остаточное затухание	да	да	да	да
2.АЧХ	да	да	да	да
3.ГВП	да	да		
4.Скачки амплитуды	да	да		
5.Изменение уровня	да	да	да	
6.Случайный шум	да	да	да	да
7.Эхо			да	
8.Импульсные помехи	да	да		
9.Дрожание фазы	да	да		
10.Сигнал/Шум	да	да		
11.Селективные помехи	да	да		
12.Отклонение частоты	да	да		
13.Нелинейные искажения	да	да		

В отечественной практике отрасли "Связь" так же существуют нормативы, которые в настоящее время приведены в приказе № 43 Минсвязи РФ от 15 апреля 1996 года "Нормы на электрические параметры каналов ТЧ магистральной и внутризональных первичных сетей". Приказ разделяет нормируемые характеристики каналов на две группы:

1) ОБЩИЕ и ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ каналов ТЧ, подлежащие настройке и эксплуатационному контролю (15 параметров и характеристик) и

2) ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ каналов ТЧ, предоставленных во вторичные сети для передачи данных, тонального телеграфирования, факсимильной передачи (еще 18 параметров и характеристик).

Как видим, количественное соотношение между перечнем параметров для каналов ПД и обычными и в отечественной, и в международной практике примерно одинаковое, а тот факт, что для нормирования каналов ТЧ в российской практике применяется существенно большее число параметров свидетельствует о значительной глубине проработки и детализации норм.

Теперь к практике. Паспортизация каналов ТЧ, которую обязаны производить предприятия связи именно на основе приказа № 43, призвана обеспечить эти предприятия данными о качестве наличествующих каналов и только канал ТЧ удовлетворяющий дополнительным характеристикам может быть передан в эксплуатацию как канал ПД.

Приведенные данные наглядно иллюстрирует соотношение количества нормируемых параметров для каналов ПД и для каналов обычного качества - количественно это превосходство можно приблизительно оценить как 5 к 2. Технически эти каналы могут соседствовать в системах передачи и вопросы их особой настройки, которую осуществляют предприятия связи, в этой статье не рассматриваются - для каналоарендатора важно лишь то, что в соответствии с заключенным договором аренды ему предоставлен канал особого качества, собственно за что он и платит дополнительные деньги. Вопросы контроля этого качества, указания по его измерению, механизмы предъявления претензий и урегулирования споров так же должны быть регламентированы в договоре.

Часто выше приведенные сведения известны специалистам сетей ПД, известно им и то, что заключение подробных договоров аренды каналов ТЧ дело безусловно хорошее и единственно верное. Практика же показывает, что осуществление этого в конкретный момент разными обстоятельствами затруднено, однако именно в этот момент возникают означенные проблемы с ПД и персонал сетей вынужден искать ответы на вопросы о непроходимости каналов, изобретая различные обходные способы. Автору известно несколько идей, с применением которых телекоммуникаторы познают качество канала ТЧ, пытаясь обойтись без применения профессиональных анализаторов телефонных каналов. Идею подключения к выходу канала осциллографа, с чего пытаются начать очень многие недавние инженеры-электроники, рассматривать не хочется по причине ее полной априорной некорректности в данном случае.

ИДЕЯ-1 - модем-измеритель.

Аренда канала стоит денег, обходных каналов в сети нет или их пропускной способности не хватает, модем работает на этом канале с заниженной скоростью и иногда "слетает". Переводить канал в режим обслуживания для проведения измерений крайне нежелательно, поэтому возникает устойчивое стремление тестировать канал непосредственно под полезной модемной нагрузкой, тем более, что большинство профессиональных модемов имеют дополнительный измерительный интерфейс, позволяющий использовать модем в качестве индикатора канальных искажений. Следует сразу оговориться, что подобное исследование может быть только неформальным и полученные результаты не могут быть официально предъявлены администрации предприятия связи, а служить лишь предварительным материалом для проведения измерений. При этом достаточно достоверно могут быть оценены стационарные искажения сигнала - затухание, сдвиг частоты и дрожание (джиттер) фазы; измеряемое модемом соотношение уровней Сигнал/Шум может быть воспринято как достоверное только в том случае, когда известно что уровень гармонических искажений и джиттера заведомо ниже уровня именно шума. Выявление влияния на ПД случайных импульсных помех, перерывов связи, скачков фазы и уровня невозможно.

ИДЕЯ-2 - модем-генератор.

Разработка Идеи-1 не дала результатов, принимается решение об отключении канала ПД и проведении измерительных операций, однако в удаленном пункте отсутствует измерительное оборудование. Тогда в ряде случаев в качестве генератора может быть использован модем, формирующий при соответствующей настройке измерительный гармонический сигнал с частотой 1800 Гц. При этом потенциально (определяется применяемым анализатором на ближнем конце) могут быть получены данные о затухании, сдвиге частоты, дрожании фазы, соотношении Сигнал/Шум, паразитной модуляции, а также статистические данные случайных помех, перерывов и скачков. Использование модема в качестве измерительного генератора не является корректным, так как свойства модема как измерительного генератора никак не подтверждены формально (во всяком случае

автору не известны факты метрологической аттестации ни одного модема), хотя формируемый сигнал фактически может иметь весьма высокую защищенность и стабильность. По этой причине такой режим может быть применен только в исследовательских целях. Кроме того частота 1800 Гц не является измерительной для каналов ТЧ, для нее нет норм и далеко не всякий анализатор телефонных каналов в состоянии с ней работать. Поэтому на основе полученных результатов также не могут быть предъявлены официальные претензии.

ИДЕЯ-3 - шлейф.

Измерения согласно ИДЕЕ-2 могут быть произведены только в одну сторону, что никак не отразит качество передачи сигнала в противоположном направлении. Поэтому возникает очевидная идея об установке в удаленной точке шлейфа и тестировании одновременно обоих направлений передачи. Цитируя пункт 2.8 приказа № 43, заметим, что "...в некоторых случаях (при отсутствии измерительного прибора на одной из станций) допускается, в виде исключения, измерения электрических характеристик канала ТЧ (кроме защищенности от внятных переходных влияний, коэффициента нелинейности, защищенности от продуктов паразитной модуляции, уровня каждого вида селективных помех, изменения частоты сигнала, дрожания фазы) проводить с организацией шлейфа, исходя из удвоенного числа транзитных участков этого канала при расчете норм." Практически такой режим пригоден для локализации участка составного канала ТЧ с явным дефектом (шлейф устанавливается сначала на удаленном конце канала и затем последовательно переносится в пункты по трассе канала, приближаясь к пункту установки измерительного оборудования). Может быть проведен счет помех, перерывов и скачков с сопоставлением результатов с нормами, "исходя из удвоенного числа транзитных участков этого канала при расчете норм."

Если использование трех указанных идей не дало результатов, следует, располагая измерительными приборами на обоих сторонах канала, проводить измерения каждого из его направлений отдельно.

Рассмотрим современные комбинированные анализаторы каналов ТЧ. Рекомендованных в приказе N43 приборов два - это DLA-9 фирмы Wandel&Goltermann (ФРГ) и K3301 фирмы Siemens (ФРГ). Дополнив этот список известными автору анализаторами Auto-Tims III канадской фирмы Consultronics, а так же AnCom TDA-3 и AnCom TDA-5 российской фирмы Аналитик-ТС, приведем сравнительные характеристики их измерительных возможностей в Таблице 2.

Таблица 2. Сравнительные характеристики анализаторов применительно к параметрам канала ТЧ, используемого для ПД

Пункт приказа № 43	Характеристики телефонного канала	Consultronics AutoTims III	AnCom		W&G DLA-9	Siemens K3301
			TDA-3	TDA-5		
2.4	Частотная характеристика остаточного затухания	да	да	да	да	да
3.3	Уровень невзвешенного шума при разовых измерениях	да	да	да	да	да
3.4	Амплитудная характеристика	да	да	да	да	да
3.5	Коэффициент нелинейных искажений	700 Гц+0.42	800 Гц 1020 Гц	на любой частоте+0.42	нет	1000 Гц
3.6	Защищенность от продуктов паразитной модуляции 50 Гц	нет	до 40 дБ	да	нет	нет
3.7	Изменение частоты 1020 Гц в канале с точностью 0.1 Гц	да	да	да	±1 Гц	1000 Гц
3.8	Характеристика ГВП	да	да	да	да	да
3.9	Уровни селективных помех	нет	да	да	нет	нет
3.13.2	Суммарное число импульсных помех, перерывов, скачков фазы и амплитуды	да	нет	да	да	да
3.14	Дрожание фазы	да	да	да	да	да
3.18	Защищенность от невзвешенной мощности сопровождающих помех	нет	нет	да, 0.131	нет	нет

Как следует из Таблицы 2 посредством анализатора AnCom TDA-5 могут быть произведены измерения ВСЕХ НОРМИРУЕМЫХ ДЛЯ ПД ПАРАМЕТРОВ КАНАЛА ТЧ по приказу N43. И это не случайность, а поставленная при разработке этого прибора задача проектирования: анализатор должен полностью обеспечивать проведение измерений телефонных каналов как по отечественным (приказ N43), так и по международным (рекомендации МСЭ-Т серии М) нормам, причем измерительные процедуры в целях совместимости с аналогичными приборами других производителей должны быть организованы согласно рекомендациям МСЭ-Т серии О.

Указанные нормативные документы регламентируют использование для анализа телефонных каналов измерительных сигналов следующих видов:

- гармонический сигнал (SIN) для проведения большинства измерений (см. п.п. 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 2.7, 2.8, 2.9, 3.5, 3.6, 3.7, 3.10, 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15, 3.16 приказа № 43),
- псевдослучайный сигнал по рекомендации О.131 для измерения искажений квантования (защищенность от сопровождающих помех - см. п. 3.18),
- многочастотный сигнал (или сигнал по рекомендации О.81) для измерения частотных характеристик затухания и относительного времени прохождения (АЧХ и ГВП - см. п.п. 2.4 и 3.8),
- четырехчастотный сигнал по рекомендации О.42 для измерения продуктов нелинейных искажений методом перекрестной модуляции (см. п. 3.5)
- при измерениях незагруженного канала (см. п.п. 2.5, 2.6, 3.2, 3.3, 3.9, 3.17 приказа N43) измерительный генератор блокируется.

Измерения с использованием указанных сигналов обеспечиваются анализатором TDA-5, который представляет собой измерительногенераторный блок, подключаемый к персональному компьютеру и функционирующий под управлением специального программного обеспечения (ПО), посредством которого осуществляются управление, индикация и сохранение результатов. Оптимальным является IBM PC-совместимый компьютер с процессором i80486 и тактовой частотой 80 МГц, клавиатура и манипулятор "мышь" используются для управления, стандартный последовательный порт - для подключения анализатора, печать протоколов осуществляется на EPSON-совместимом принтере, возможно формирование протокола в PCX-формате.

Отличительной особенностью прибора TDA-5 является его способность производить **ОДНОВРЕМЕННЫЙ АНАЛИЗ** всех искажений гармонического сигнала в течение интервала времени от 10 секунд до 100 часов с установкой времени усреднения результатов от 1 секунды до 10 минут (SIN - см. Рис.1). В случае, когда измерителя не интересуют событийные характеристики канала (скачки, помехи, перерывы), для подсчета которых необходимо задавать измерительный интервал длительностью 15 минут или 1 час, стационарные характеристики (остаточное затухание, защищенность от сопровождающих помех, величина нелинейных искажений, защищенность от продуктов паразитной модуляции, изменение частоты, дрожания фазы и амплитуды) могут быть измерены за время не более 20 секунд - с учетом усреднения результатов на этом интервале.

Второй особенностью анализатора TDA-5 является его способность **АВТОМАТИЧЕСКИ РАСПОЗНАВАТЬ ВИД ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО СИГНАЛА**, благодаря чему оператор не должен тратить время на переговоры (хотя в анализатор встроены микрофон и динамик), выбор и установку соответствующего измерительного режима, адекватного поступающему измерительному сигналу - эта работа производится анализатором автоматически, а оператор только задает программу работы генератора.

Так после измерений с загрузкой канала гармоническим сигналом могут быть произведены измерения незагруженного канала, что потребует дополнительно не менее 20 секунд (см. Рис.2 - невзвешенный и психометрический шум, уровни селективных помех).

Для проведения измерения защищенности сигнала от сопровождающих помех с применением псевдослучайного О.131-сигнала необходимо 20 секунд и еще 20 секунд для измерения продуктов нелинейных искажений и перекрестной модуляции по 4-х частотному О.42-сигналу.

Измерение АЧХ и ГВП с применением многочастотного сигнала (МЧ-сигнал - МЧС - см. Рис.3) выполняется за время не более 20 секунд.

ПО анализатора предоставляет возможность сохранения результатов измерений (запись на диск) для последующего просмотра и изучения без занятия измеряемого канала. Таким образом экспресс-анализ канала осуществим за время не более $20+20+20+20+20=100$ секунд, которое может быть сокращено до $20(\text{SIN})+20(\text{АЧХ,ГВП})=40$ секунд, если нет необходимости измерения уровней шумов и дополнительного О.131- и О.42-анализа, после чего канал может быть немедленно возвращен в эксплуатацию, а анализ результатов производится вне времени измерений.

Кроме того анализатор TDA-5 призван РАСШИРИТЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О КАНАЛЕ передачи сигнала путем предоставления пользователю максимально полной информации об измеряемом объекте. Так, помимо традиционно нормируемых характеристик (см. Таблицы 1 и 2) анализатор измеряет затухание эхо-сигнала и осуществляет построение эхограммы, что применяется в частности при исследовании спутниковых каналов, а также обеспечивает построение частотной характеристики входного импеданса канала или линии связи, посредством чего может быть произведена настройка дифсистем. Кроме того проведение измерений сопровождается индикацией спектра измеряемого сигнала (см. Рис.1-3), а при измерении АЧХ и ГВП с применением многочастотного сигнала (МЧ-сигнал представляет собой сумму сигналов 38-ми гармонических генераторов с частотами от 100 до 3800 Гц одинаковой амплитуды) дополнительно индицируется распределение соотношения уровней Сигнала и Шума (С/Ш) в диапазоне частот. Спектр МЧ-сигнала в точке измерений и частотные характеристики АЧХ, ГВП и С/Ш представлены на Рис.3; если для первых двух характеристик существуют нормы (так на Рис.3 протекание АЧХ и ГВП сопоставляется с соответствующими масками по рекомендации М.1025), то частотная характеристика соотношения С/Ш не нормирована, однако представляет значительный интерес в процессе поиска причин неудовлетворительной связи.

Рассмотрим пример. На Рис.1-3 представлены результаты измерений одного и того же канала протяженностью L=5000 км, содержащего 5 участков транзита по ТЧ. Сопоставим эти результаты с нормами по рекомендации М.1025.

А) при измерениях по гармоническому сигналу с частотой 1020 Гц и уровнем -23 дБм, что на 10 дБ ниже номинального уровня на входе канала ТЧ согласно п.2.8 М.1025 получены следующие данные (см. Рис.1):

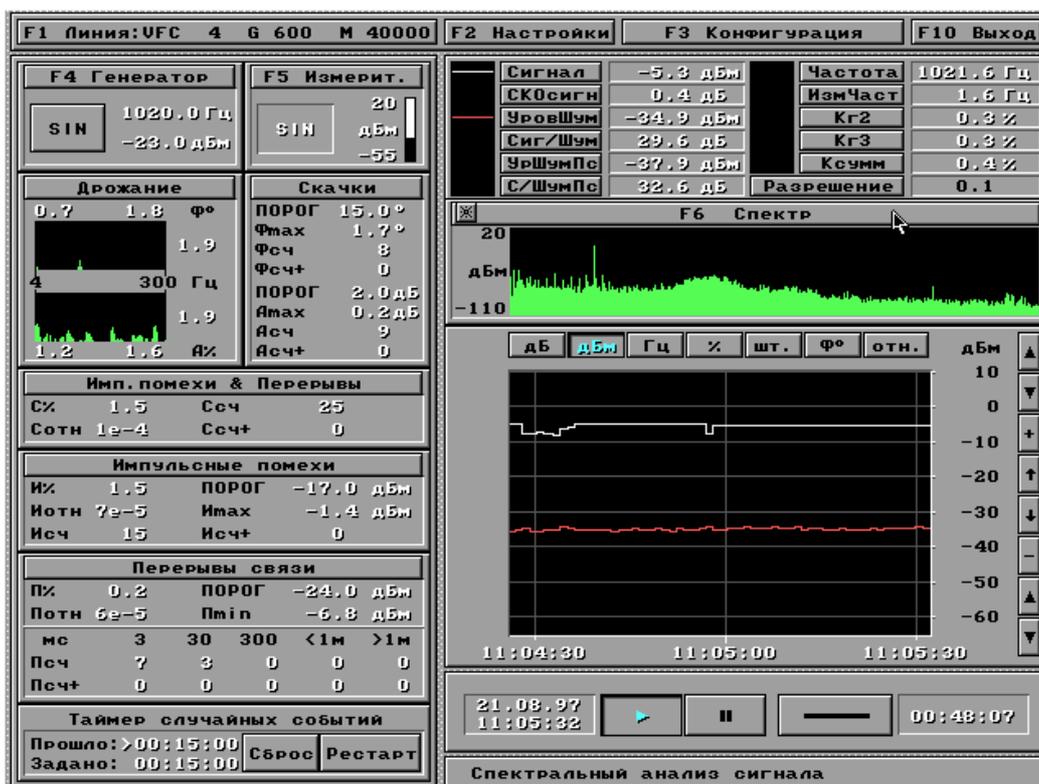


Рис.1 Анализ гармонического сигнала

- за 15 минут насчитано Асч=9 скачков амплитуды (см. панель «Скачки»), превышающих ПОРОГ=2дБ, что соответствует норме по пункту 2.4.1 М.1025 - не более 10 скачков амплитуды,
- изменение остаточного затухания, определяемого по графику уровня мощности измерительного сигнала на выходе канала (Сигнал, график белого цвета) укладывается в допуск ± 4 дБ по п.2.4.2 М.1025,
- за 15 минут насчитано Исч=15 пиков импульсной помехи свыше ПОРОГа=-17 дБм (см. панель «Импульсные помехи»), что на 21 дБ ниже номинального выходного уровня канала ТЧ; это удовлетворяет требованию п. 2.6 М.1025 - не более 18 импульсных помех,
- величина дрожания фазы (панель «Дрожание») составляет $\varphi^{\circ}=1.9^{\circ}$, что удовлетворяет норме 10° по п.2.7 М.1025,
- величина суммарного искажения сигнала составляет Сиг/Шум=29.6дБ, что согласуется с п.2.8 М.1025- не менее 28дБ,
- вносимое каналом отклонение частоты ИзмЧаст=1.6 Гц не превосходит нормы по п.2.10 М.1025, составляющей ± 5 Гц,

- нелинейные искажения сигнала с частотой 1020 Гц не превышают $K_{г2}=0.3\%$ по второй и $K_{г3}=0.3\%$ по третьей гармоникам, то есть на $20 \cdot \lg(100\%/0.3\%)=50$ дБ ниже уровня основного сигнала, что с запасом удовлетворяет нормативу 25 дБ п.2.11 М.1025.

Б) при измерениях незагруженного канала (см. Рис.2) установлено, что:

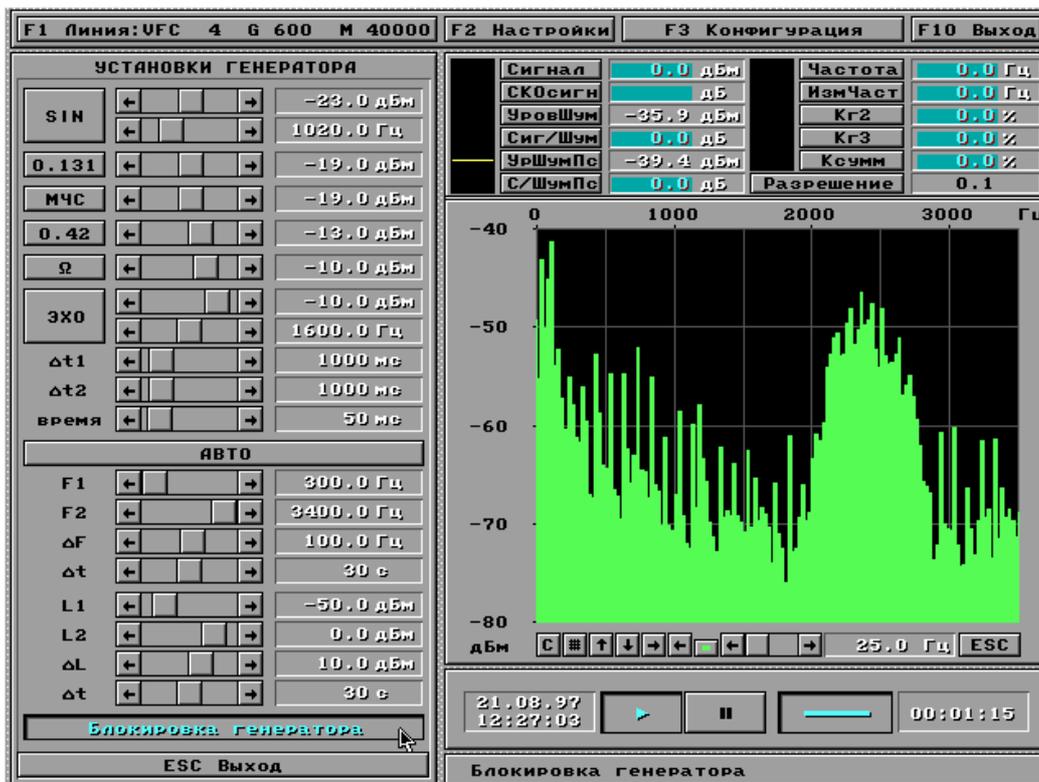


Рис.2 Измерение незагруженного канала

- уровень психофотометрической мощности шума составляет $УрШумПс=-40.9$ дБмп, что соответствует норме по п.2.5 М.1025 (при $L=5000$ км допустим психофотометрический шум с уровнем на 43 дБ ниже номинального выходного уровня +4 дБм, то есть допустимо значение $+4-43=-39$ дБмп),
- уровень селективной помехи в диапазоне частот от 300 до 3400 Гц согласно п.2.9 М.1025 должен быть ниже, чем $-39-3=-42$ дБм, максимальное измеренное значение составляет -46 дБм на частоте около 2400 Гц (см. спектрограмму), что соответствует норме.

В) при измерениях с использованием МЧ-сигнала с уровнем -23 дБм (см. Рис.3) выяснилось,

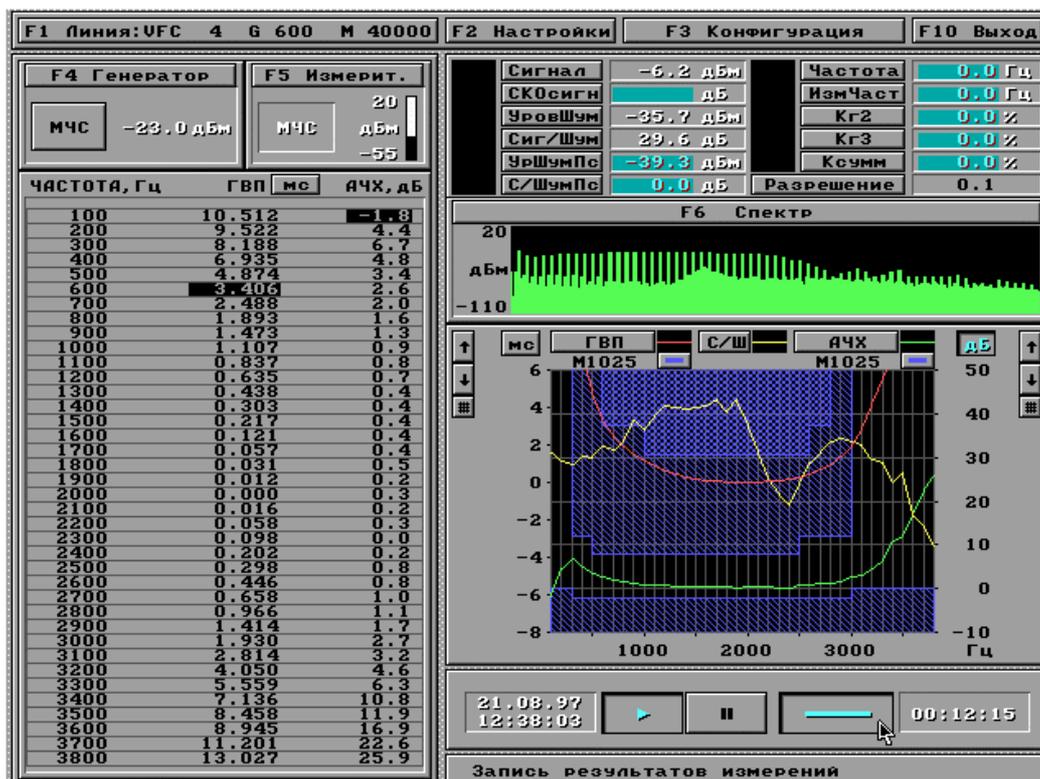


Рис.3 Измерение частотных характеристик канала

- что характеристики АЧХ и ГВП практически не противоречат шаблонам по п.2.2 и п.2.3 М.1025 (исключением являются частота 100 Гц, на которой затухание на 1.8 дБ ниже нормы, и частота 600 Гц, на которой измеренная величина относительного времени прохождения равная 3.4 мс незначительно превышает норму - 3.0 мс)

Сопоставляя результаты проведенных измерений с указанными нормами, можно сделать заключение о соответствии проверяемого канала рекомендации М.1025. Далее, располагая параметрами помехозащищенности применяемых модемов, определим номинальную скорость передачи на выбранном канале. Так, согласно данным фирмы-производителя, для модема TAINET T288C при соотношении С/Ш равном 29.6 дБ и удовлетворении требований рекомендации М.1025 к прочим характеристикам канала скорость передачи может составлять значение не менее 19200 бит/с.

Именно такой вывод на основе результатов измерения мог бы быть сделан при использовании анализатора, отличного от TDA-5. Однако частотная характеристика распределения соотношения Сигнал/Шум, индицируемая TDA-5 (см. Рис.3), свидетельствует о том, что ожидать такой скорости на данном канале не следует, так как в области частот от 2200 до 2600 Гц соотношение С/Ш за счет появления в этой полосе частот помехи локально снижается до значений ниже 24 дБ и достигает 20 дБ, что и будет лимитировать скорость на уровне 12000-14400 бит/с.

Анализатор TDA-5 существенно превосходит выпускающийся с 1994 года TDA-3, серийно производится НПП "Аналитик-ТС" с мая 1997 года, сертифицирован Госстандартом и Госкомсвязи РФ. Совместимость прибора AnCom TDA-5 с перечисленными в Таблице 2 анализаторами обеспечивается применением при его разработке рекомендаций МСЭ-Т серии О. Помимо проведения паспортизации каналов ТЧ первичной сети, а так же инспектирования и исследования любых телефонных каналов на предмет обеспечения ПД анализатор TDA-5 способен также полностью обеспечить проведение измерений телефонной сети общего пользования (ТфОП) в соответствии с приказом Госкомсвязи РФ N74 от 3 июня 1997 года. Освещению этого вопроса будет посвящена следующая статья.

Сведения об авторе:

Андрей Владимирович Кочеров является ведущим специалистом НПП

Аналитик-ТС в области разработки измерительных систем.

Контактные телефоны: (095) 490-0799, 490-0713, 490-6314

E-mail: andrey@analytic.ru

<http://www.analytic.ru>