

Горохов В.М.

## Измерения в сетях ADSL

### Методическое пособие

Методика, приведенная в разделе "ПОДГОТОВКА ВЫДЕЛЕННОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ADSL", разработана совместно с Тверским филиалом "Центртелекома" и испытана на линиях Тверской ГТС.

### ОГЛАВЛЕНИЕ

- История технологий абонентского доступа
- Краткий анализ рынка услуг
- Введение в технологию ADSL
  - СХЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЯ
  - ЧАСТОТНОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ КАНАЛОВ
  - МОДУЛЯЦИЯ В КАНАЛЕ
  - ПРОЦЕДУРА УСТАНОВЛЕНИЯ СВЯЗИ
- Измерения в сетях ADSL
  - Сигнал
  - Шум
  - Предварительное заключение
  - ПЛАНОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ
    - Сопротивление изоляции
    - Электрическая емкость
    - Сопротивление шлейфа
    - Асимметрия шлейфа
    - Емкостная асимметрия
  - ЭКСПЕРТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ
    - Рабочее затухание линии
    - Спектр шума
    - Отношение сигнал шум и оценка скоростного потенциала линии
  - ФАКУЛЬТАТИВНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ
    - Возвратные потери
    - Частотная зависимость асимметрии линии
    - Переходное влияние
  - ПОДГОТОВКА ВЫДЕЛЕННОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ADSL
    - Термины
    - Средства измерений
    - Этапы подготовки линии
- Литература
- ПРИЛОЖЕНИЕ
- ANSI MASKS
- ETSI MASKS

## История технологий абонентского доступа

Существует четыре основные среды передачи информации:

- Медная пара
- Коаксиальный кабель
- Волоконно-оптический кабель
- Беспроводный доступ

В сетях абонентского доступа в настоящее время наиболее популярной остается медная пара, хотя варианты беспроводного доступа занимают вполне заметную нишу. Доступ по коаксиальному кабелю (параллельное кабельному телевидению) в нашей стране не получил практически значимого применения. Доступ по оптоволокну прямо до абонента остается слишком дорогим удовольствием.

Традиционно медные пары прокладывались для обеспечения голосовой связи и сегодня в мире насчитывается более миллиарда пар телефонных линий. Параметры линий нормализованы для передачи голоса и соответствуют стандартам канала ТфОП с полосой от 300 Гц до 3,4 кГц. С развитием компьютерной техники появилась необходимость передачи по тем же проводам не только речи, но и цифровых данных.

Самым первым решением этой задачи послужила разработка модемов, работающих в канале ТЧ.

Первый модем был создан в 1979 году компанией Hayes Microcomputer Products и развивал скорость передачи данных 300бит/с.

Современные модемы могут обеспечивать до 56000 бит/с. Достигнутая скорость является теоретически предельной для полосы частот от 0,3-3,4 кГц с реальным значением шума. Согласно теореме Шеннона скорость  $V$  [бит/с] не может превышать значения:

$$V = W \times \log_2 \left( \frac{S}{N} + 1 \right),$$

здесь  $W$  - ширина используемой полосы частот [Гц],  $S$  и  $N$  - значения уровней сигнала и шума в милливаттах соответственно.

Дальнейшее увеличение пропускной способности медной пары возможно только следующими способами:

- Снятием ограничения на полосу частот
- Уменьшением уровня шумов в кабеле (нереально)
- Увеличением уровня сигнала. Этот путь также представляется чисто гипотетическим, т.к. увеличивая сигнал на своей паре мы пропорционально увеличиваем шумы соседям за счет переходного влияния. По этому во всех системах связи нормируется максимально допустимый уровень на выходе передатчика
- Увеличением количества пар между абонентом и станцией

Практически реализуемым способом при работе по одной паре остается снятие ограничения на полосу частот  $W$ , однако реализация этого варианта приводит к отказу от принципа коммутируемой линии и требует выделенной. Реально любая линия от абонента до станции является выделенной, за исключением линий спаренных телефонов и уплотненных с использованием аппаратуры АВУ.

На выделенных линиях необходимо обеспечить передачу цифровых данных и голоса. Возможно всего три варианта:

- цифровая передача речи и данных
- обычная передача речи и передача данных с разделением по времени
- обычная передача речи и передача данных с разделением по частоте

Первым был реализован широкополосный доступ с цифровой передачей всего под названием ISDN - "Integrated Services Digital Network", цифровая сеть с интеграцией услуг. Реализация системы требует четырехпроводной линии связи и наличия специальных телефонных аппаратов. В связи со значительной стоимостью в нашей стране ISDN не получила широкого распространения.

В дальнейшем появилась серия стандартов под общим названием xDSL. В каждом конкретном случае вместо икса в стандарте стоит какая либо буква.

В таблице приведены основные параметры наиболее распространенных систем xDSL

Технология	HDSL	ADSL	VDSL
------------	------	------	------

		ADSL	Lite ADSL	ADSL 2	ADSL 2+	
<b>Количество пар</b>	2 или 3	1	1	1	1	1
<b>Максимальная скорость к абоненту (downstream) [Мб/с]</b>	2,048	9	1,5	12	24	52
<b>Максимальная скорость от абонента (upstream) [Мб/с]</b>	2,048	1,5	0,386	1	1	1,5
<b>Максимальная длина линии [км]</b>	3,7	5,5	5,5	5,5	5,5	1,3
<b>Стандарт ITU</b>	G.991.1	G.922.1	G.992.2	G.992.3	G.992.5	G.993.1
<b>Год введения</b>	1998	1999	1999	2002	2003	2004
<b>Назначение</b>	Эффективная замена первичных цифровых систем передачи типа E1 на соединительных линиях местных сетей	Высокоскоростной асимметричный выход в Интернет с возможностью одновременной работы по телефону. Предназначен для широкого круга пользователей в замен использования голосовых модемов				Связь на короткие расстояния

Наиболее перспективной для реализации абонентского доступа представляется система ADSL. После внедрения систем ADSL появились ее модификации. В настоящее время рынок абонентских ADSL-модемов практически полностью занят устройствами, поддерживающими протокол ADSL2+. Естественно, модемы ADSL2+ совместимы и с более ранними стандартами.

## Краткий анализ рынка услуг

Выдержка из статьи Евдокименко и Сухановой [5]:

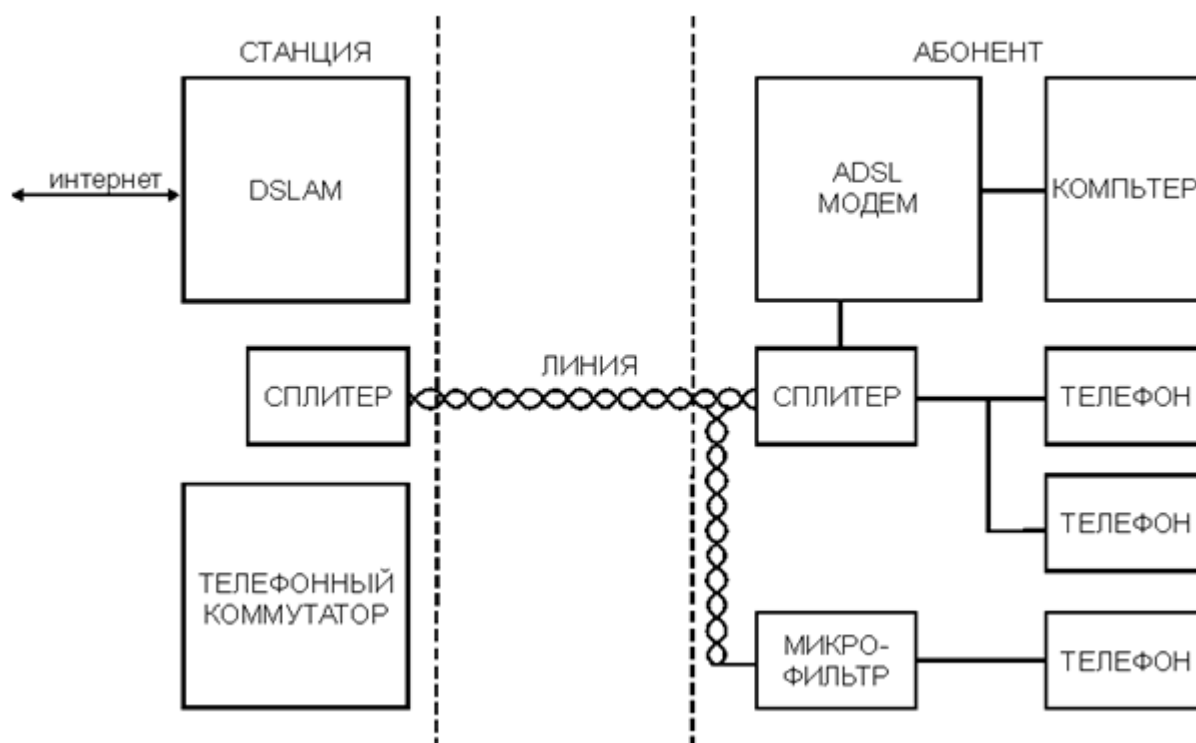
Что касается российского рынка, то, по прогнозу "Телеком-Форума", до конца текущего десятилетия на нем будет безраздельно господствовать технология ADSL. Абсолютное большинство российских операторов еще несколько лет не будут предоставлять доступные для массового пользователя услуги широкополосного доступа свыше 4 Мбит/с. Такие низкие скорости не требуют перехода на ADSL2+, тем более на VDSL. Тем не менее постепенно все большее количество DSLAM в российских сетях доступа будет поддерживать ADSL2+ по одной простой причине - установленная база DSLAM чрезвычайно мала, а все новые DSLAM, поступающие на рынок, за редким исключением изначально поддерживают более скоростную технологию ADSL2+. Примером может служить ADSL-сеть МГТС. После завершающегося перевооружения ее на новые DSLAM производства Nokia и Huawei все DSL-концентраторы в сети МГТС будут поддерживать технологию ADSL2+, однако реальное количество портов ADSL2+ в ближайшие два - три года не превысит одну четверть.

Еще меньше будет востребована технология VDSL. Ее внедрение имеет перспективу лишь внутри зданий. В первую очередь в гостиницах и деловых центрах, где не всегда возможна прокладка дополнительной Ethernet-сети.

## Введение в технологию ADSL

### СХЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЯ

Существуют две схемы подключения абонентского ADSL оборудования. С использованием частотного разделителя (сплитера) на стороне абонента и без него. Наиболее нетребовательной к качеству линии связи представляется схема с разделителем (сплитером):



Такая схема реализует широкополосный цифровой доступ и обычный телефонный канал. Частотное разделение восходящего и нисходящего информационных потоков позволяет резко снизить требования к качеству линии связи по переходному затуханию.

### ЧАСТОТНОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ КАНАЛОВ

В соответствии с [1] весь частотный диапазон от 0 Гц до 1104 КГц делится на 256 отдельных подканалов с номерами от 0 до 255. Каждому подканалу отводится полоса 4,3125 КГц.

Для совместной работы ADSL и обычного телефона возможны два варианта распределения каналов.

В первом варианте нет перекрытия частотных полос на прием и передачу, что удешевляет стоимость оборудования за счет возможности отказа от системы подавления эха. При таком разделении полос также резко снижаются требования к кабелю по перекрестным влияниям на ближнем конце (NEXT). Именно по этому схема без перекрытия спектров используется, на пример, таким оператором, как Deutsche Telecom [9].

Номер канала (бина)	Диапазон частот [кГц]	Назначение
0	$0 \div 4,3125$	Обычный телефон
1÷6	$4,3125 \div 25,875$	Защитный интервал для разделения полосы телефона от частот ADSL
7÷32	$25,875 \div 138$	Полоса для передачи данных от абонента к станции (upstream)
33÷256	$138 \div 1104$	Полоса для передачи данных от станции к абоненту (downstream)

Очень часто производители не используют бины 31 и 32 для лучшего разделения потоков вверх (к станции) и вниз (к абоненту).

Второй вариант технически более сложен и восприимчив к переходному влиянию. Это так называемый случай с перекрытием спектров, позволяющий несколько увеличить скорость в нисходящем потоке. Распределение частот следующее:

Номер канала (бина)	Диапазон частот [кГц]	Назначение
0	0÷4,3125	Обычный телефон
1÷6	4,3125÷25,875	Защитный интервал для разделения полосы телефона от частот ADSL
7÷32	25,875÷138	Полоса для передачи данных от абонента к станции (upstream)
7÷255	138÷1099,688	Полоса для передачи данных от станции к абоненту (downstream)

Каналы №16 (69 кГц) и №64 с частотой 276 кГц обычно используются для пилотного сигнала нисходящего потока. Канал №256 (1104 кГц), соответствующий частоте Найквиста, зарезервирован для дальнейшего использования.

## МОДУЛЯЦИЯ В КАНАЛЕ

В каждом отдельном канале (бине) осуществляется известная по обычным модемам квадратурно-амплитудная модуляция QAM с переменным параметром. Скорость передачи информации [бит/с] в канале определяется выражением:

$$V_i = 4000 \times b_i$$

здесь 4000 бод - символьная скорость по каналу,  $b_i$  - количество бит приходящихся на один символ, индекс  $b_i$  показывает номер канала. При установке связи аппаратура определяет качество линии связи и назначает величину  $b_i$  для каждого частотного канала. Для ADSL2 возможно изменение  $b_i$  не только при установке связи, но и динамически в процессе нормальной работы, путем анализа количества ошибок. В принципе максимальное значение  $b_i$  может достигать 15 битов в ADSL2, однако такое предельное значение практически нереализуемо.

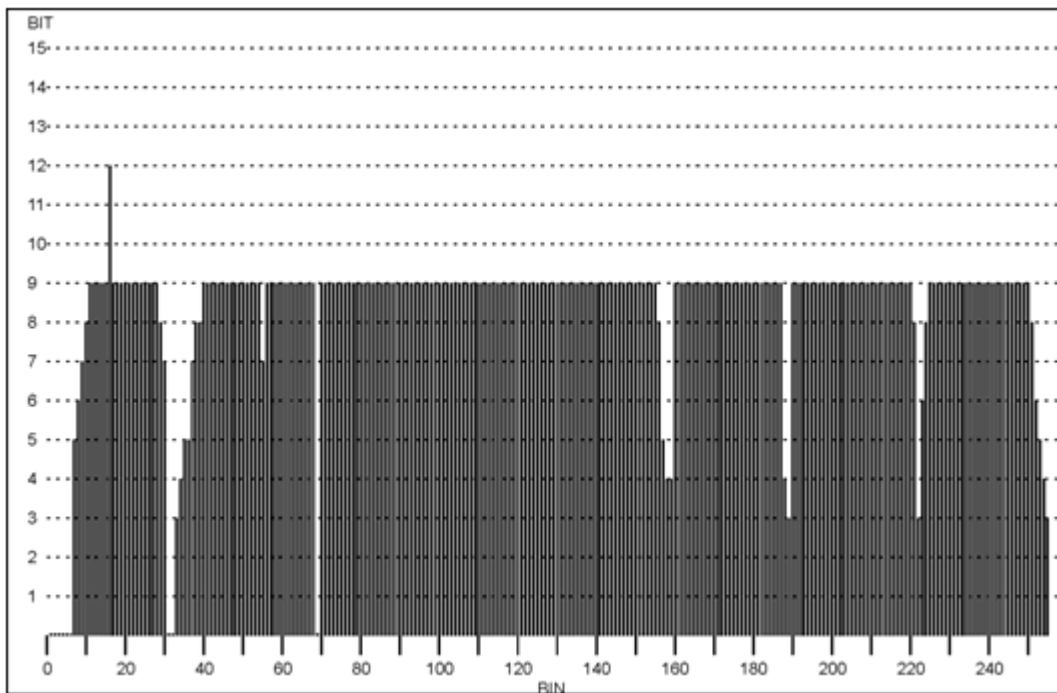
Первоначальное назначение величины  $b_i$  происходит на основании измерения отношения сигнал/шум ( $SNR$  [дБ]) на приемной стороне по каждому частотному каналу:

$$b_i = \frac{SNR - 20}{3}$$

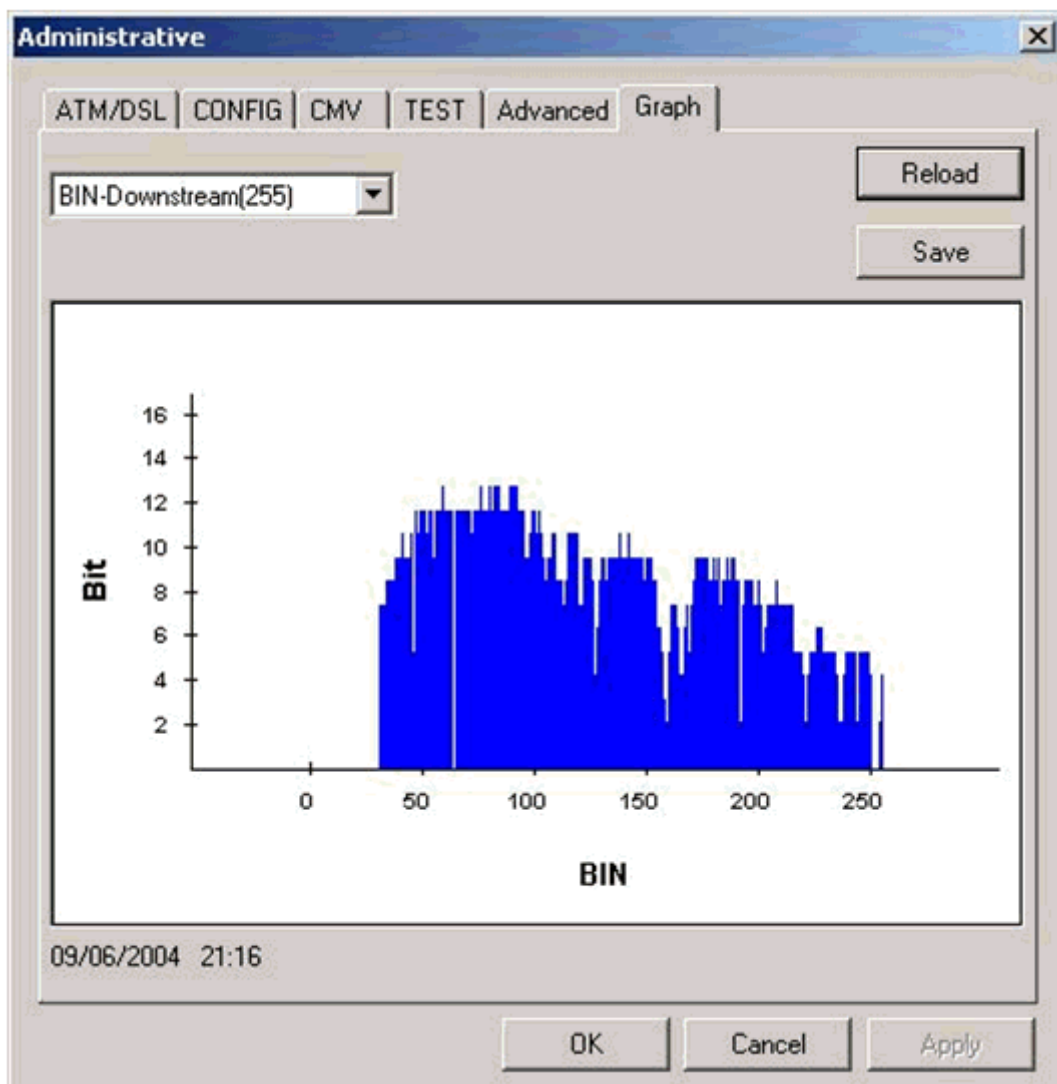
Полная скорость обмена определяется суммированием по всем задействованным частотным каналам:

$$V = \sum_I V_I = 4000 \times \sum_I b_I.$$

Таким образом, набор значений  $b_i$  представляется важнейшим параметром, зависящим от качества линии, и определяющим скорость обмена. Большинство ADSL модемов позволяют через свое программное обеспечение вывести на компьютер набор  $b_i$  в виде удобной диаграммы.



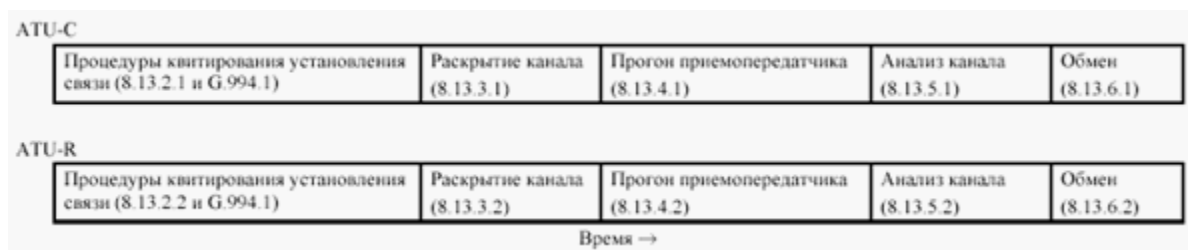
Для другого модема и другой линии:



Отметим в канале №64 провалы до нуля. Это не плохой канал, просто по нему передается не информация, а пилотный сигнал.

## ПРОЦЕДУРА УСТАНОВЛЕНИЯ СВЯЗИ

Процедура установления связи описывается в [1,3,6] и достаточно важна для понимания процесса адаптации оборудования к качеству линии связи. Как на абонентской, так и на станционной стороне установление связи осуществляется в четыре этапа [6]:



При инициализации измеряются физические параметры тестируемой линии [6]:

- переходная комплексная передаточная характеристика  $H$  для каждой поднесущей (канала)
- линейный шум покоя СПМ  $QLN(f)$  для каждой поднесущей
- отношение сигнал/шум  $SNR(f)$  для каждой поднесущей
- затухание линии (LATN)
- затухание сигнала (SATN)
- запас отношения сигнал/шум (SNRM)
- достижимая скорость передачи данных в сети (ATTNDR)
- суммарная мощность передачи на дальнем конце (ACTATP)

Цели получения вышеуказанной информации:

- характеристика  $H$  может быть использована для анализа физического состояния медной цепи;
- характеристика  $QLN$  может быть использована для анализа переходных влияний;
- характеристика  $SNR$  может быть использована для анализа изменений во времени переходного влияния и затухания линии (например, вследствие изменений влажности и температуры);
- комбинация характеристик  $H(f)$ ,  $QLN(f)$  и  $SNR(f)$  может быть использована для ответа на вопрос, почему в заданной цепи скорость передачи данных не может достичь максимума.

## Измерения в сетях ADSL

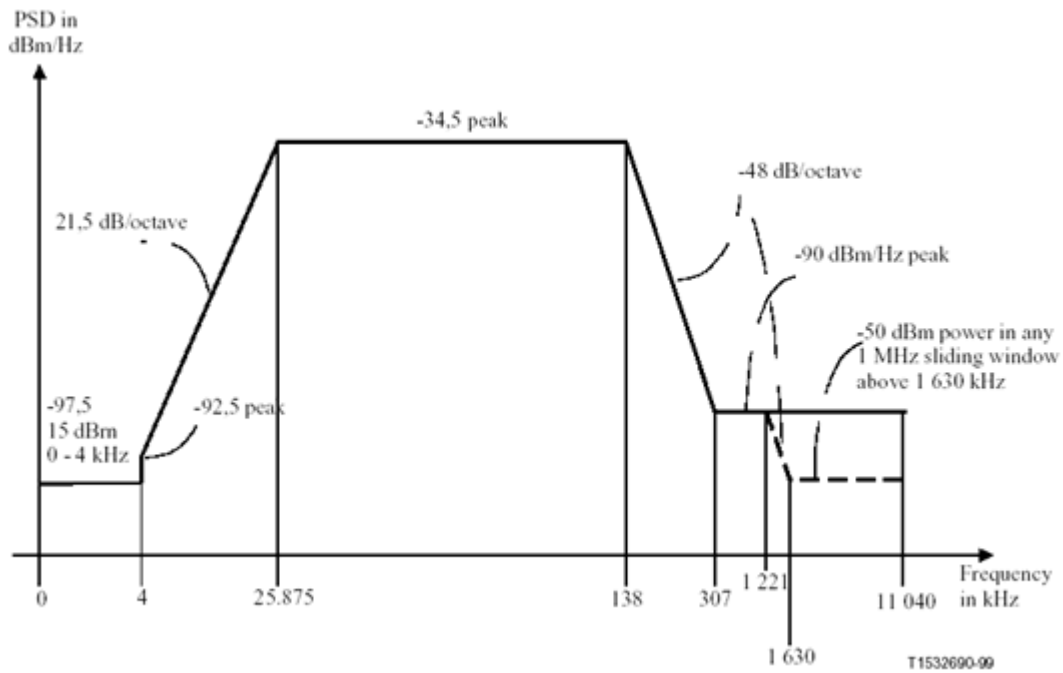
Для обеспечения работоспособности системы передачи информации необходимо чтобы приемник мог распознать сигнал на фоне помех. Самым главным параметром качества канала передачи является отношение уровня сигнала к уровню шумов -  $SNR$  (Signal to Noise Ratio). Этот параметр выражается в децибелах:

$$SNR = 10 \times \log \frac{P_{RX\_SIGNAL}}{P_{RX\_NOISE}}$$

$P_{RX\_SIGNAL}$ ,  $P_{RX\_NOISE}$  - мощности сигнала и шума на стороне приемника. При малом значении информация неразличима на фоне шума. Увеличение  $SNR$  возможно двумя путями: увеличением уровня передаваемого сигнала и уменьшением шумов.

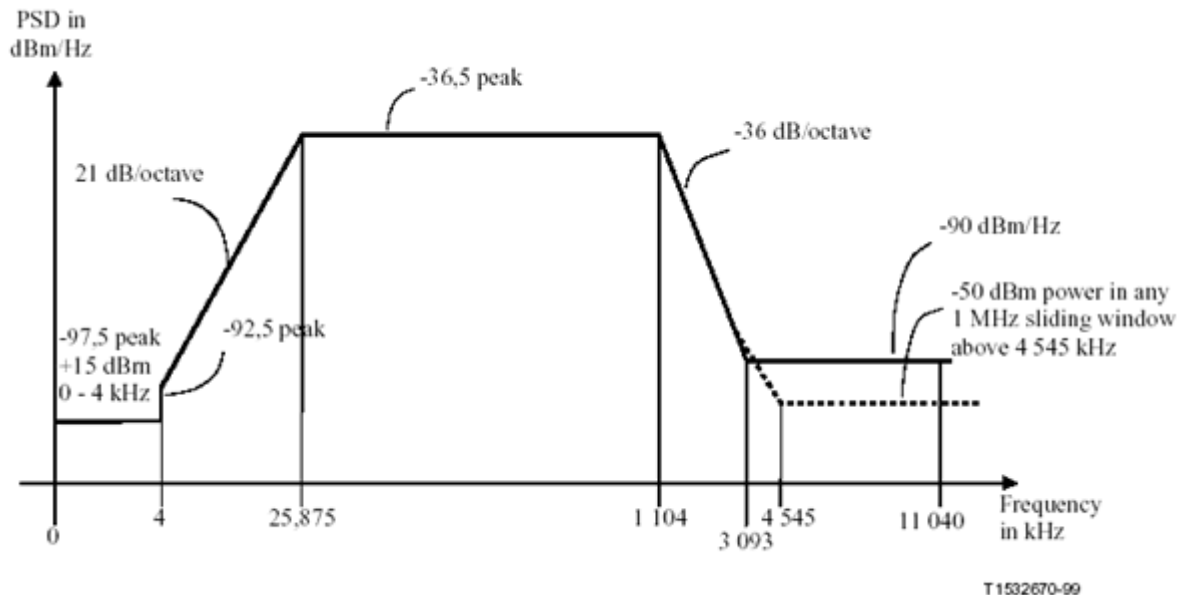
### Сигнал

Уровень принимаемого сигнала зависит от мощности передатчика и ослабления (затухания) сигнала в линии. Казалось бы, что уровень сигнала можно поднять сколь угодно сильно увеличивая мощность передатчика, но на этом пути есть принципиальное ограничение. Передатчик на абонентской стороне не имеет права выдавать энергии больше чем указано в стандарте [1,2]:



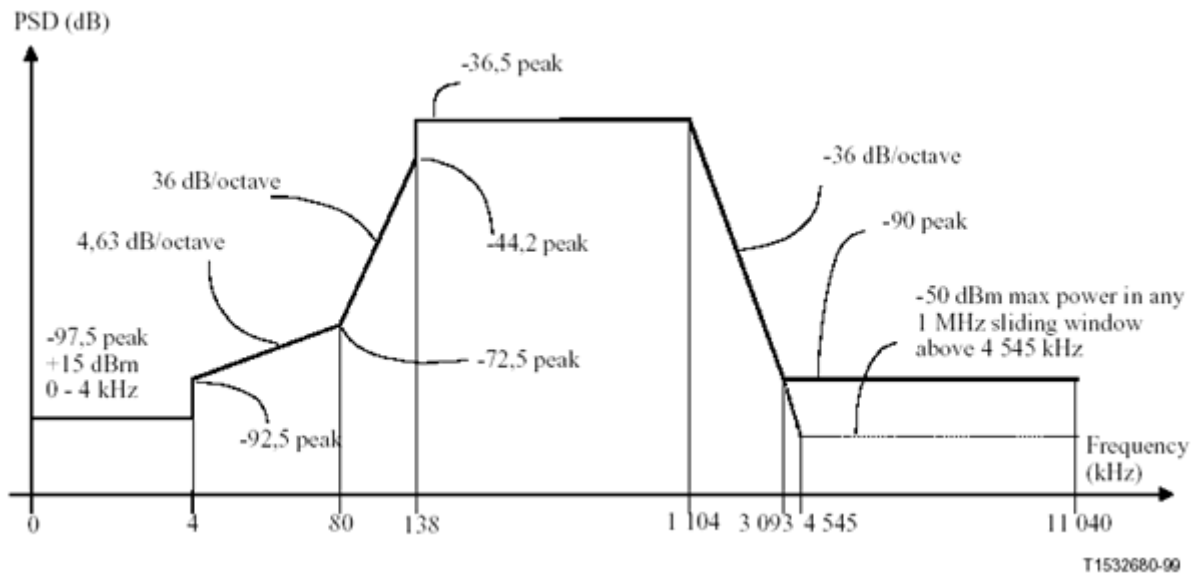
По вертикальной оси отложено значение спектральной мощности сигнала *PSD* в расчете на 1 Гц. Из графика видно, что максимальное значение мощности приходится на полосу от 25,875 кГц до 138 кГц, т.е. на диапазон потока от абонента к станции. Суммарная мощность сигнала в этом диапазоне может быть получена интегрированием спектральной плотности по частоте и составит величину в 13,3 дБм (с учетом запаса) [2]. Превышение этой мощности преследуется по закону. Более того, стандарт [6] оговаривает возможность снижения мощности для уменьшения излучаемых шумов, если связь при этом не ухудшается.

Аналогично для передатчика со стороны станции имеется набор ограничительных масок для различных типов обмена:



Маска для downstream с перекрытием спектра. Суммарная мощность передатчика составляет 20,4 дБм [2].





Маска для downstream без перекрытия спектра с upstream. Суммарная мощность передатчика составляет 19,9 дБм [2].

Итак, мощность сигнала передатчика ограничена законодательно и увеличение уровня сигнала поступающего в приемник можно обеспечить только уменьшением затухания в линии.

Рабочее затухание в линии определяется величиной  $IL$  (Insertion Loss), выражаемой в децибелах:

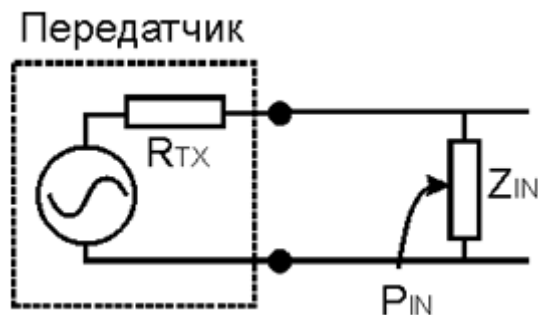
$$IL = 10 \times \log \frac{P_{RX\_SIGNAL}}{P_{TX\_SIGNAL}}$$

$P_{TX\_SIGNAL}$  - мощность передаваемого сигнала,  $P_{RX\_SIGNAL}$  - мощность сигнала, прошедшего через линию в приемник.

Почему передаваемый сигнал затухает?

Давайте проследим путь сигнала от передатчика к приемнику

1. Отражения. Передатчик с выходным сопротивлением  $R_{TX}$  старается выдать мощность равную  $P_{TX\_SIGNAL}$  в линию с характеристическим входным импедансом  $Z_{in}$ .



Если  $R_{TX} = Z_{in}$ , то вся мощность передатчика передается в линию (по определению мощности передатчика). При несогласованности передается только часть, остальная отразится от неоднородностей линии - отражение происходит как в местах подключения аппаратуры, так и на собственных неоднородностях линии (муфты, отводы, слишком резкие изгибы кабеля, дефекты изоляции и пр.). Источник возвратных потерь - неоднородности линии - можно достаточно наглядно

наблюдать с помощью рефлектометра.

Несоогласованность линии определяется параметром - "затухание несоогласованности" или "возвратные потери". Мы будем пользоваться величиной **RL** (Return Loss) - возвратные потери:

$$RL = 20 \times \log \left| \frac{R_{TX} - Z_M}{R_{TX} + Z_M} \right|$$

Возвратные потери зависят от частоты. Измерение RL проводится для линии, нагруженной на дальнем конце аппаратурой или нагрузочным сопротивлением 100 Ом. ЧХ (частотную характеристику) RL снимают во всем рабочем диапазоне ADSL.

а) Контрольный параметр: RL.

б) Контроль: рефлектометром (с кросса и от абонента).

- При передаче часть энергии теряется на активном сопротивлении жил кабеля. Чем меньше это сопротивление - тем лучше. Значительное ограничение по сопротивлению шлейфа связано не только с расстоянием, но и с частотной зависимостью  $R_{LOOP}$  за счет скин-эффекта [7]:

$$R_{жил}(f) = R_{жил} \times \left( 1 + \frac{ac}{roc^4} \times f^4 \right)^{1/4}$$

Коэффициенты *ac* и *roc* для кабеля в полиэтиленовой изоляции:

Диаметр жилы [мм]	<i>roc</i> [7]	<i>ac</i> [7]	$\frac{ac}{roc^4}$
0,32	4,18E-01	7,00E-13	2,30E-11
0,4	2,71E-01	1,71E-13	3,14E-11
0,5	1,74E-01	7,35E-14	7,98E-11
0,65	1,05E-01	2,44E-14	2,02E-10
0,9	5,63E-02	6,49E-15	6,46E-10

В полосе звуковых частот сопротивление меняется незначительно, однако при увеличении частоты до 1000 кГц сопротивление увеличивается примерно в 3 раза для кабеля с диаметром 0,5 мм.

Ситуацию портят различные муфты, скрутки и прочие соединения, увеличивая общее сопротивление шлейфа. Длину кабеля изменить нельзя, а качество соединений можно контролировать по сопротивлению шлейфа и омической асимметрии пары. Они должны соответствовать нормативным значениям.

Контрольный параметр:  $R_{шл}$ ,  $R_a$

- Часть энергии будет теряться за счет утечек через диэлектрик, особенно в тех случаях, где есть дефекты изоляции как жила-жила, так и жила-земля.

Контрольный параметр - сопротивление изоляции  $R_{AB}$ ,  $R_{AC}$ ,  $R_{BC}$

- Часть энергии теряется на излучение и поляризацию диэлектрика (диэлектрические потери).

Совокупность всех перечисленных механизмов приводит к затуханию сигнала, которое выражается общим параметром "рабочее затухание" **IL** (Insertion Loss). Если IL находится на недопустимо высоком уровне, то измерение соответствующих контрольных параметров позволяет найти и устранить причину аномальных значений.

высокого затухания.

### Шум

Если затухание в линии определяется ее длиной, мы имеем дело со случаем, когда улучшение ситуации невозможно. Иначе обстоит дело с помехами в линии. С ними можно бороться, выбирая наиболее защищенные пары и устраняя источники помех. Можно выделить четыре механизма возникновения шума в рабочей жиле. Они приведены по степени влияния на канал ADSL:

#### 1. Шум от других пар в том же кабеле.

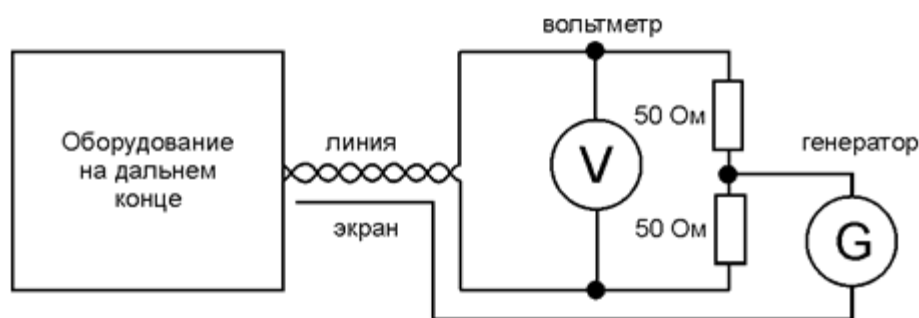
Этот тип шума наиболее опасен и зависит от следующих факторов:

- Качества кабеля связи (не только своей пары, но и других загруженных пар)
- Типа сигналов, передаваемых по другим парам (влияющим)
- Степени загрузки кабеля сильно шумящими сигналами
- Взаимного расположения влияющей пары и пары подверженной влиянию

А. Причиной высокого уровня помех может быть разбалансировка пары. Высокая асимметрия приводит к повышенной чувствительности пары к внешним помехам и увеличению уровня излучаемых помех. Баланс пары может быть проконтролирован измерением емкости жил по отношению к земле. Более глубокое исследование балансировки пары - снятие частотной характеристики затухания асимметрии (Longitudinal balance).

Измерения  $L_{Bal}$  (Longitudinal balance) проводятся для определения симметричности пары кабеля с подключенной на дальнем конце аппаратурой. Высокая асимметрия приводит к повышенной чувствительности пары к внешним помехам и увеличению уровня излучаемых помех. В соответствии с [1,6]:

$$LBal = -20 \times 1g \left| \frac{V_G}{V_V} \right| \text{ [дБ]}$$



Аналогичная схема измерений реализована в [Дельта-ППО DSL](#) (Связьприбор)

Вместо оборудования на дальнем конце допускается включение резистора 100 Ом, однако в этом случае будет определена асимметрия только самой линии.

Величина  $L_{Bal}$  как в сторону станции, так и по направлению к абоненту должна быть меньше -40 дБ в диапазоне от 30 КГц до 1104 КГц [1,6]. Если условие не удовлетворяется необходимо найти одну из возможных причин:

- разбитость (перепутывание) пар в кабеле
- некачественные муфты
- слишком резкие изгибы кабеля
- такая уж жила с плохой скруткой

Поиск причин производят рефлектометром и мостовыми измерениями омической и емкостной асимметрии, сопротивления изоляции.

Контрольный параметр: а) емкостная асимметрия жил к земле  $C_{ac} - C_{sc}$  б) ЧХ затухания асимметрии

Б. Уровень переходных помех в линии. Если в "десятке" уже выделена пара под линию ADSL, то необходимо контролировать уровень помех в соседних парах для отбора наиболее защищенной пары. В идеале проводится суточный мониторинг помех на превышение допустимого уровня.

Если "десятка" свободна от ADSL, то измерять собственно нечего: уровень шума, как правило находится на уровне -140 дБм/Гц. Поэтому измерители часто пытаются определить степень защиты от переходных помех по переходному затуханию на ближнем конце (NEXT). Такую процедуру трудно назвать бесспорно значимой. Во-первых, ситуация на момент выделения второй пары может измениться. Во-вторых, процедура отбора по параметру NEXT требует большого количества измерений (49) и по большому счету должна проводиться на различных частотах. Все это значительно затрудняет достоверность оценки потенциальных помех. Поскольку выделять больше двух пар в десятке не рекомендуется, допустимо отобрать две пары с наименьшим влиянием друг на друга. Для отбора пары в свободной десятке можно выбрать 3-4 пары по результатам плановых измерений (контроль исправности) и отобрать две пары по результатам измерений переходного затухания между ними. Для отбора допустимо не нагружать линию на дальнем конце.

2. Шум от внешних источников по отношению к кабелю. Такими источниками могут быть блоки питания аппаратуры, мощные энергетические установки, радиостанции и пр. Найти источник шума и постараться уменьшить его влияние можно, проанализировав спектр шума.

**Контрольная характеристика:** Спектральная плотность шума на абонентской стороне

3. Шум, возникающий от своего родного сигнала за счет неоднородностей линии. Действительно на неоднородных линиях возникают множественные отражения и по паре распространяется не только сам сигнал, но и его задержанные и искаженные копии.

Контроль рефлектометром (с кросса и от абонента)

4. Собственный тепловой шум в шлейфе. Известное выражение дает величину среднеквадратичного напряжения теплового шума:

$$V_T = \sqrt{4kTR_{LOOP}B}$$

$k$  - постоянная Больцмана,  $T$  - абсолютная температура,  $R_{LOOP}$  - сопротивление шлейфа,  $B$  - полоса частот. Тепловой шум резко увеличивается на некачественных соединениях жил кабеля.

**Контрольный параметр** - сопротивление шлейфа  $R_{шл}$

С увеличением количества каналов широкополосного доступа ситуация с шумами становится все более драматичной. Здесь ничего поделать нельзя без прокладки новых кабелей.

### Предварительное заключение

Измерения на линиях ADSL должны иметь четко поставленную задачу. Поводить весь комплекс возможных измерений для предварительной оценки качества линии представляется избыточным. Достаточно уверенно можно сделать предварительное заключение по плановым измерениям линии, а затем окончательно оценить качество линии по затуханию и уровню шумов на абонентской стороне линии. Если в линии отсутствуют сильные отражения и помехи, можно с достаточной степенью уверенности прогнозировать успешную установку ADSL на рекомендованных длинах. Однако если затухание и уровень помех не соответствуют нормативным допускам, необходимо устранить причину такого несоответствия. В этом случае могут потребоваться дополнительные измерения перечисленных выше контрольных параметров.

### Плановые измерения

Система широкополосного доступа ASL изначально разрабатывалась применительно к существующим

телефонным линиям. По этой причине линия признанная качественной для телефонии принципиально подходит для ADSL. Традиционно телефонные линии проверяются на:

- сопротивление изоляции  $R_{AB}, R_{AC}, R_{BC}$
- электрическую емкость  $C_{AB}, C_{AC}, C_{BC}$
- сопротивление шлейфа  $R_{шл}$
- асимметрию шлейфа  $R_a$
- асимметрию емкости  $dC_{AB} = C_{AC} - C_{BC}$

Итак, измеритель определил традиционный набор параметров. Вопрос: подходит для ADSL или нет?

### Сопротивление изоляции

Если подходит для телефонии, то подойдет и для ADSL

### Электрическая емкость

Емкость пары должна соответствовать нормативам для данного типа кабеля и его длины. Если емкости пары отличается от нормативной более чем на 10%, необходимо искать причину. Возможные причины: разбитость пар, параллельные КРТ на распределительном кабеле, конденсаторы на телефонных розетках

### Сопротивление шлейфа

Сопротивление шлейфа должно соответствовать нормативам. Если  $R_{шл}$  отличается от нормативной величины более чем на 10%, необходимо искать причину. Возможные причины: вставки, непропай муфт и соединений, окисление контактов на оконечных устройствах (РШ, КРТ, ...), неправильно определена длина линии.

### Асимметрия шлейфа

Если подходит для телефонии, то подойдет и для ADSL.

### Емкостная асимметрия

Если подходит для телефонии, то подойдет и для ADSL.

## Экспертные измерения

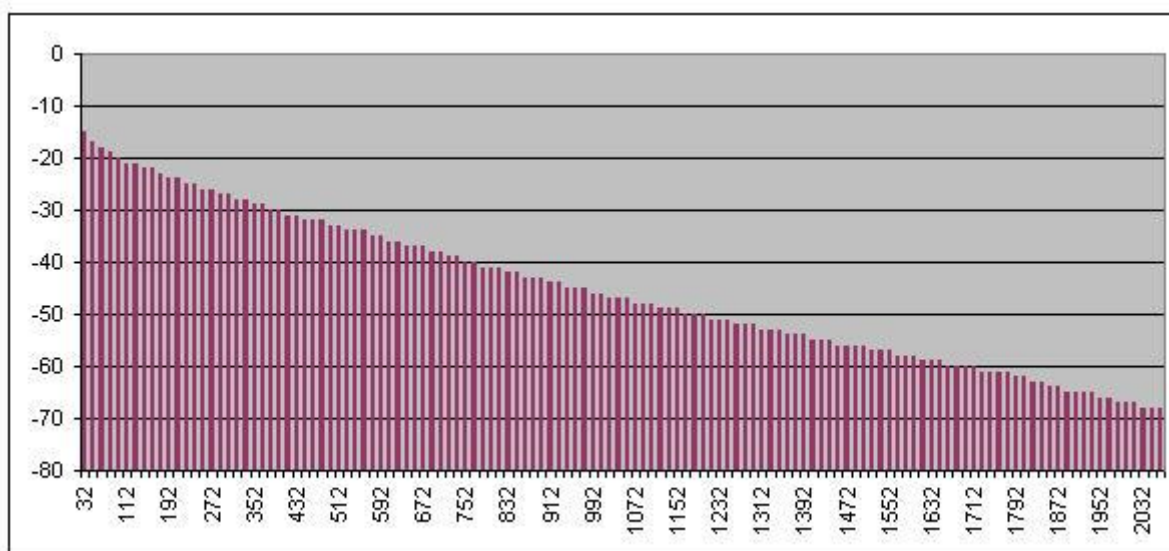
Ограничения ADSL связаны с большим затуханием сигнала на высоких частотах и, как следствие уменьшением длины линий поддерживающих широкополосный доступ. Поэтому частотные измерения характеризуются как экспертные.

### Рабочее затухание линии

Рабочее затухание в линии  $IL$  (Insertion Loss) [дБ] является интегральной характеристикой, отражающей затухание сигнала, вызванное всей совокупностью факторов:

$$IL = 10 \times \log \frac{P_{RX\_SIGNAL}}{P_{TX\_SIGNAL}}$$

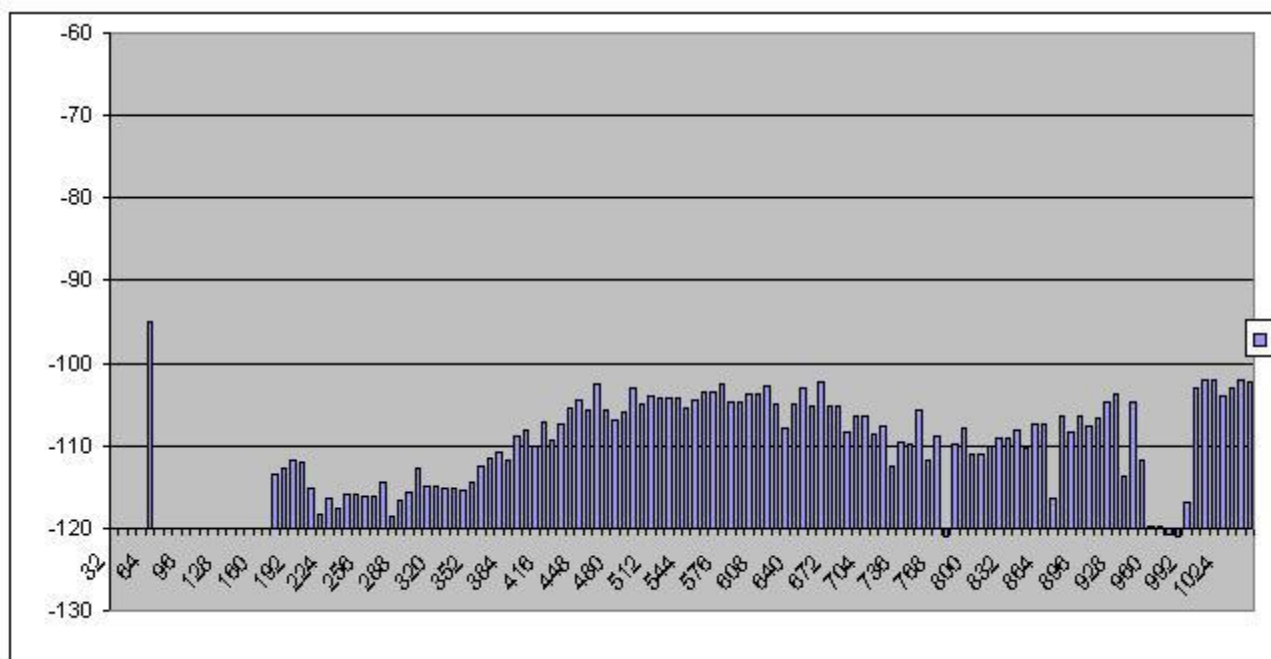
$P_{TX\_SIGNAL}$  - мощность передаваемого сигнала,  $P_{RX\_SIGNAL}$  - мощность сигнала, прошедшего через линию к приемнику. Рабочее затухание в линии должно соответствовать нормативам. В противном случае необходимо искать причину аномально высокого затухания.



АЧХ затухания сигнала, снятая прибором [Дельта-ПРО DSL](#) (Связьприбор). Выделенная линия ADSL для школы №22, Тверская ГТС. Затухание соответствует длине линии.

### Спектр шума

Не допускаются всплески помех выше уровня  $-90$  дБм/Гц. Спектр шума  $N(f)$  позволяет определить источники помех. Так помеха от работающей на том же кабеле аппаратуры АВУ может мешать передаче пилот-сигнала ADSL с частотой 69 кГц. По измеренному затуханию и спектру шума определяют скоростной потенциал линии.



Спектр шума, снятый прибором [Дельта-ПРО DSL](#) (Связьприбор). Выделенная линия ADSL для школы №22, Тверская ГТС. Не отключено АВУ (64 кГц).

### Отношение сигнал шум и оценка скоростного потенциала линии

Отношение сигнал шум SNR[дБ], является общей характеристикой линии связи и позволяет оценить скоростной потенциал. Отношение определяется как

$$SNR = 10 \times \lg \frac{P_s}{P_N}$$

Уровень сигнала в приемнике определяется максимальным уровнем передатчика в отдельном частотном канале (стандартизовано:  $P_{TX\_SIGNAL} = -36,5$  дБм/Гц) и рабочим затуханием  $IL$  :

$$S_i = -36,5 + IL$$

Действительно, как рассматривалось выше, ADSL модемы назначают количество передаваемых бит по отдельному частотному каналу исходя из величины  $SNR$  . Общая скорость потока может быть рассчитана по формуле:

$$V = \frac{4000}{3} \times \sum_i (SNR_i - 20),$$

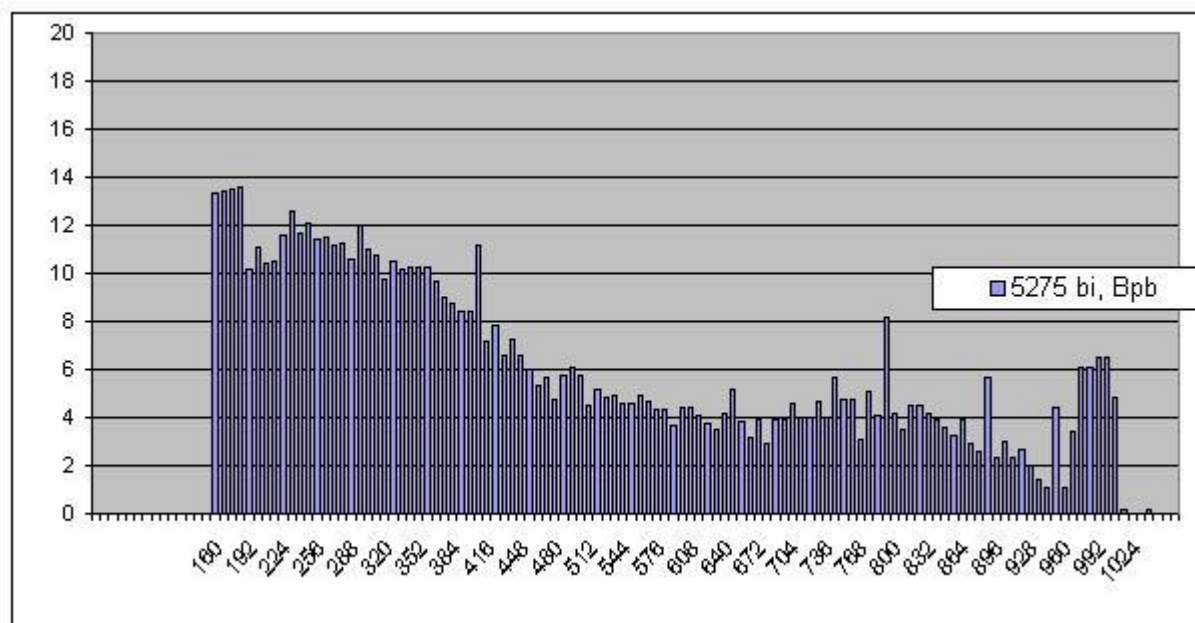
здесь  $SNR_i$  - отношение сигнал-шум в  $i$ -том частотном канале. Суммирование производится по всем каналам, используемым в конкретном направлении (upstream или downstream).

Определение скоростного потенциала может быть вычислено на основании измерения рабочего затухания  $IL_i$  и шума  $N_i$  в каждом частотном канале:

$$V_i = 4000 (-36,5 + IL_i - N_i)/3$$

Для определения скоростного потенциала необходимо просуммировать скорости по всем бином потока.

Скоростной потенциал - совокупная экспертная характеристика линии для ADSL. Недостаточная скорость в целом или по отдельным бином может быть расценена как повод к дополнительным измерениям для устранения причин низкой скорости. Эти измерения могут рассматриваться как факультативные при подготовке линии.



Скоростной потенциал выделенной линии ADSL для школы №22, Тверская ГТС. Биновая характеристика получена [Дельта-ИПО DSL](#) (Связьприбор).

### Факультативные измерения

### Возвратные потери

В случае аномально высокого затухания в линии измеряют возвратные потери. Их уровень не должен превышать -16 дБ [10]. Если допуск не выдержан, необходимо провести поиск неоднородностей в линии. Это могут быть плохие муфты, вставки, непроймуфты и соединений, окисление контактов на оконечных устройствах (РШ, КРТ, ...).

### Частотная зависимость асимметрии линии

В случае высокого уровня помех проводят измерения затухания асимметрии. Вместо оборудования на дальнем конце допускается включение резистора 100 Ом.

Величина  $L_{Bal}$  как в сторону станции, так и по направлению к абоненту должна быть меньше -40 дБ в диапазоне от 30 КГц до 1104 КГц [1,6]. Если условие не удовлетворяется, проводят поиск возможных причин. Это могут быть разбитость (перепутывание) пар в кабеле, некачественные муфты, резкие изгибы кабеля.

### Переходное влияние

Параметры переходного влияния на ближнем NEXT и дальнем конце FEXT не так существенны для ADSL с разделением спектра сигналов на прием и передачу.

## Подготовка выделенной линии для ADSL

### Термины

Табл.1

1	Уровень помех (шум)	NOISE	дБм/Гц
2	Рабочее затухание сигнала (АЧХ)	INSERTION LOSS	дБ
3	Переходное затухание на ближнем конце	NEXT	дБ
4	Затухание асимметрии	LONGITUDINAL BALANCE	дБ
5	Затухание неоднородности	RETURN LOSS	дБ
6	Сопротивление изоляции	Риз	МОм
7	Погонная емкость пары	Сп	нФ
8	Емкость пары	Сав	нФ
9	Емкость жилы по отношению к земле	Сас, Свс	нФ
10	Емкостная асимметрия	dC (Сас – Свс)	нФ
11	Погонное сопротивление шлейфа	Рп	Ом
13	Сопротивление шлейфа	Ршл	Ом
14	Омическая асимметрия	Ра	Ом

### Средства измерений

Табл.2

- 1 Измерение Риз, Ршл, Ра, С ав/ ас/ вс [Дельта-ИРО DSL](#), любые модели [ИПК-ИРО](#) (Связьприбор)
- 2 Частотные измерения (затухание, шум) [Дельта-ИРО DSL](#), [генератор Дельта](#) (Связьприбор)

### Этапы подготовки линии

Применяемая пара перед использованием для создания цифровой линии должна быть проверена и удовлетворять следующим требованиям:

- сопротивление изоляции должно соответствовать действующим нормативам



- в паре должны отсутствовать нагрузочные катушки
- в уплотняемом кабеле должна отсутствовать разбитость пар
- в кабеле связи должны отсутствовать параллельные КРТ на распределительном кабеле
- для цифрового уплотнения используется повивной кабель одного сечения, направление повивов одностороннее

**Отбор пар.** Использование более 2-х пар для ADSL в десятке не рекомендуется.

Вариант А. Десятка свободна от аппаратуры ADSL. Пары отбирают по соответствию нормам на плановые измерения. Между отобранными парами проводят измерение переходного затухания на частоте 1024 кГц. Отбирают две пары с максимальным переходным затуханием. Допускается отбор без нагрузки пар.

Вариант В. В десятке имеется пара ADSL. Необходимо отобрать вторую пару. Вторую пару отбирают по минимальному уровню помех. Затем проводят контроль на соответствие нормам на плановые измерения и просмотр линии рефлектометром. **1 этап. Станционные измерения.**

**Плановые измерения.**

Табл. 3. Протокол плановых измерений

Параметр	Результат измерения	Допустимое значение	Режимы
R <sub>из</sub>		Норматив плановых измерений	Изоляция, фильтр
C <sub>ав</sub>		(45 нФ x L) ±10%	Емкость, фильтр
C <sub>ас</sub>		-	
C <sub>вс</sub>		-	
dC(AC-BC)		норматив	
R <sub>шл</sub>		(R <sub>ц</sub> x L) ± 10%	Шлейф, фильтр
R <sub>а</sub>		норматив	Асимметрия

Примечание: Проверку шлейфа и емкости пары на соответствие нормам можно проводить в обратном порядке (перевод электрической длины в метрическую). Для этого выбирают соответствующую марку кабеля (с указанием температуры почвы) в Списке кабелей Дальта-ПРО DSL. По умолчанию при включении прибор выбирает ТПП 0,5. При измерении емкости и шлейфа прибор сам пересчитывает результат в длину кабеля. Проверка осуществляется по соответствию истинной длине кабеля ± 10% (для кабелей без вставок другой марки).

**Просмотр линии рефлектометром.** В уплотняемом кабеле должны отсутствовать разбитость пар параллельные КРТ, нагрузочные катушки. Также можно визуально оценить качество муфтовых соединений. Рефлектограмма должна быть однородной по всей длине линии.

Измерение уровня и спектра помех. Исследуют спектр шума и уровень помех в режиме "ШУМ" с усилением. Для спектральной плотности имеются допуски в пересчете в дБм/Гц:

Табл. 4. Допуски уровня помех

Частотный диапазон	До 200 кГц	200 - 2200 кГц
Спектральная плотность	100 дБм/Гц	90 дБм/Гц

Картину спектра помех заносят в память прибора для последующего протоколирования. Спектр сохраняется в Дельта-ПРО DSL одним нажатием кнопки «ПАМЯТЬ».

**Отбор по переходному затуханию.** Проводится для ADSL-свободной десятки. В режиме "УП" в отобранные пары поочередно подают генератором сигнал 1024 кГц, измеряя уровень сигнала в остальных отобранных парах. Находят пары с наилучшей защищенностью по переходным помехам. Допускается отбор без нагрузки пар. Для варианта с нагрузкой к парам на дальнем конце магистрали в распределительном узле подключают сопротивление 120 Ом.

**2 этап. Измерения на абонентской стороне**

**Просмотр линии рефлектометром.** На линии не должно быть отводов, расщеплений (разбитости пар) дополнительных устройств (катушек Пупина). Также можно визуально оценить качество муфтовых соединений. Рефлектограмма должна быть однородной по всей длине линии.

**Измерение уровня и спектра помех.** Исследуют спектр и уровень помех в режиме "ШУМ". Контроль по уровню: помехи не должны просматриваться в режиме "ШУМ" без усиления.

**Исследование спектра шума.** В режиме "ШУМ" включают усиление. Спектр помех заносят в память прибора для последующего протоколирования и расчета скорости передачи.

**Измерение рабочего затухания.** Снимают АЧХ рабочего затухания сигнала по 128 частотам в диапазоне от 32 до 2200 кГц. Характеристика должна монотонно снижаться. АЧХ заносят в память прибора (кнопка "ПАМЯТЬ") для последующего протоколирования и расчета скорости.

Табл. 5. Конфигурация измерения АЧХ рабочего затухания.

Сторона измерений	Средства измерений	Режим
Абонент (NT)	Дельта-ПРО DSL	АЧХ+ / приемник
Кросс (LT)	1 вариант: Генератор Дельта	АЧХ по 128 частотам
	2 вариант: Дельта-ПРО DSL	АЧХ+ / генератор

На частоте 300 кГц снятой АЧХ контролируют затухание в линии. Нормативы приведены в табл. 6.

Табл.6. Нормы затухания в кабелях ТПП на частоте 300 кГц.

Марка	ТПП 0,4	ТПП 0,5
Затухание, дБ	12,9 X L	9,90 X L

Соответствие норме можно проверить, переведя затухание в электрическую длину линии прибором Дельта-ПРО DSL (режим АЧХ+). Длина должна соответствовать метрической длине кабеля  $\pm 10\%$ .

**Определение скоростного потенциала.** По АЧХ и спектру помех определяют скоростной потенциал линии (Дельта-ПРО DSL).

### 3 этап. Поиск причин неисправности линии.

Возможные варианты:

- не удается подобрать линию, удовлетворяющую допускам
- жалобы пользователя на плохую работу широкополосного доступа
- авария на линии

1. Затухание. Если затухание не укладывается в нормы по табл.6, проводят поиск неисправности. С абонентской стороны и с кросса просматривают линию рефлектометром для обнаружения неоднородности линии.

Проводят контроль затухания неоднородности в диапазоне от 32 до 1 100 кГц (ADSL) или 2 200 кГц (ADSL2+) в режиме "АЧХ". На дальнем конце кабеля должна быть подключена аппаратура или нагрузочное сопротивление 100 Ом. Затухание не должно превышать -16 дБ. Если уровень затухания выше допустимого, это означает высокую неоднородность линии. На рефлектометре должны быть видны участки неоднородности.

2. Помехи.

Если в спектре помех наблюдаются выраженные пики, по спектру помех определяют источник. Пик на частоте около 64 кГц означает, что не отключено АВУ.

Для оценки всплесков помех проводят суточный мониторинг помех по уровню - 90 дБм/Гц. Прибор Дельта-ПРО DSL работает в режиме "ШУМ"/ "импульс"/ уровень 60 дБ. В этом режиме фиксируются

превышения заданного уровня в течение суток. Спектр и время возникновения помех заносятся в память прибора. Для поиска источника помех необходимо убедиться в защищенности пары.

Контроль защищенности пары.

Измерение затухания асимметрии. Для контроля в режиме "АЧХ" снимают частотную характеристику затухания асимметрии в диапазоне от 32 до 1 100 кГц (ADSL) или 2 200 кГц (ADSL2+). Затухание асимметрии - параметр, по которому контролируют сбалансированность пары. Разбалансировка пары приводит к потере защищенности пары от помех в магистрале. Если затухание асимметрии выше -40 дБ, пара считается неисправной, ее использовать невозможно. Поиск причин затруднителен. Пара должна быть проверена на разбитость рефлектометром.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ITU-T G992.1 " Asymmetrical digital subscriber line (ADSL) transceivers"
2. ETSI TS 101 388 V1.3.1 (2002-02), "Transmission and Multiplexing (TM); Access transmission systems on metallic access cables; Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) - European specific requirements [ITU-T G.992.1 modified]"
3. ITU-T G994.1 "Handshake procedures for digital subscriber line (DSL) transceivers"
4. ITU-T G992.2 " Splitterless asymmetrical digital subscriber line transceivers"
5. Евгений Евдокименко, Мария Суханова " Прогнозы в области VDSL и ADSL2+"  
www.telforum.ru/vesti/2004/12/21\_03.htm
6. ITU-T G992.3 "Приемопередатчики асимметричной цифровой абонентской линии 2 (ADSL2)"
7. ITU-T G996.1 "Test procedures for digital subscriber line (DSL) transceivers"
8. Jose Caballero, Francisco Hens, Roger Segura, Andreu Guimera "Installation and Maintenance of SDH/SONET, ATM, xDSL and Synchronization Networks"
9. U-R2 Interface of ADSL Systems. ITR112. T-Com Version 09.2005
10. Кочеров А.В. Что нужно измерять для определения причин недостаточной эксплуатационной надежности xDSL. "Телемультимедиа" №5 2005
11. Брискер А.С. и др. Городские телефонные кабели. Справочник. Радио и связь, Москва, 1991

## Приложение

Далее представлены рекомендованные маски для некоторых параметров [8].

### ANSI MASKS

Table B.1 Voice service.

Frequency Hz		200	300	400	600	1,020	2,000	2,800	3,000	3,400
Noise	dBm max	-84.80	-84.80	-84.80	-84.80	-84.80	-84.80	-84.80	-84.80	-84.80
Ret.Loss	dB max	-	-6.00	-6.50	-7.00	-9.00	-9.00	-9.00	-9.00	-
Ins.Loss	dB min	-	-10.00	-11.50	-14.00	-20.00	-23.50	-24.50	-	-
LCL	dB max	-45.00	-45.00	-45.00	-45.00	-45.00	-45.00	-45.00	-45.00	-45.00
NEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00
FEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00

Table B.2 Modem 56 Mbps.

Frequency Hz		200	300	400	600	1,020	2,000	2,800	3,000	3,400
Noise	dBm max	-84.80	-84.80	-84.80	-84.80	-84.80	-84.80	-84.80	-84.80	-84.80
Ret.Loss	dB max	-	-6.00	-6.50	-7.00	-9.00	-9.00	-9.00	-9.00	-
Ins. loss	dB min	-	-5.50	-6.00	-7.00	-10.00	-12.00	-12.50	-	-
LCL	dB max	-45.00	-45.00	-45.00	-45.00	-45.00	-45.00	-45.00	-45.00	-45.00
NEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00

FEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00
------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Table B.3 ISDN.

Frequency	kHz	1	5	10	20	30	40	45	50	50
Noise	dBm max	-68.80	-68.80	-68.80	-68.80	-68.80	-68.80	-68.80	-	-
Ret.Loss	dB max	-2.40	-5.00	-8.20	-12.00	-15.00	-15.00	-15.00	-	-
Ins. loss	dB min	-24.90	-25.20	-26.00	-29.20	-32.00	-33.00	-34.00	-	-
LCL	dB max	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-	-
NEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-	-
FEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-	-

Table B.4 HDSL One pair.

Frequency	kHz	5	10	20	40	100	150	200	300	402
Noise	dBm max	-70.80	-70.80	-70.80	-70.80	-70.80	-70.80	-70.80	-70.80	-
Ret.Loss	dB max	-4.50	-6.50	-9.00	-13.50	-14.00	-14.00	-14.00	-13.50	-
Ins. loss	dB min	-13.40	-14.00	-17.00	-20.60	-22.00	-24.00	-27.00	-32.00	-
LCL	dB max	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-
NEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-
FEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-

Table B.5 HDSL Two pairs.

Frequency	kHz	5	10	20	40	100	150	200	245	245
Noise	dBm max	-68.80	-68.80	-68.80	-68.80	-68.80	-68.80	-68.80	-	-
Ret.Loss	dB max	-4.50	-6.50	-9.00	-13.50	-14.00	-14.00	-14.00	-	-
Ins. loss	dB min	-16.40	-17.00	-20.70	-25.20	-27.00	-29.50	-31.50	-	-
LCL	dB max	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-	-
NEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-	-
FEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-	-

Table B.6 T1.

Frequency	kHz	102	200	300	400	500	750	900	1200	1400
Noise	dBm max	-68.80	-68.80	-68.80	-68.80	-68.80	-68.80	-68.80	-68.80	-68.80
Ret.Loss	dB max	-12.00	-13.50	-13.80	-14.00	-14.50	-14.50	-14.50	-14.50	-14.50
Ins. loss	dB min	-12.00	-14.00	-16.00	-19.60	-22.00	-24.20	-28.20	-30.60	-32.30
LCL	dB max	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00
NEXT	dB max	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00
FEXT	dB max	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00

Table B.7 ADSL G.lite.

Frequency	kHz	20	40	100	150	200	300	400	450	500
Noise	dBm max	-63.00	-63.00	-63.00	-63.00	-53.00	-53.00	-53.00	-53.00	-53.00
Ret.Loss	dBmax	-6.50	-8.80	-11.80	-12.80	-13.50	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00
Ins. loss	dB min	-36.00	-44.00	-48.00	-52.00	-60.00	-68.30	-72.30	-76.20	-80.80
LCL	dB max	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00
NEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00
FEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00

Table B.8 ADSL 2 Mbps.

Frequency	kHz	20	40	100	150	200	300	400	600	800
Noise	dBm max	-63.00	-63.00	-63.00	-63.00	-53.00	-53.00	-53.00	-53.00	-53.00
Ret.Loss	dB max	-6.50	-8.80	-11.80	-12.80	-13.50	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00
Ins. loss	dB min	-23.50	-28.60	-31.20	-33.65	-39.00	-44.50	-54.30	-63.10	-74.70
LCL	dB max	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00
NEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00
FEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00

Table B.9 ADSL 6 Mbps.

Frequency	kHz	20	40	100	150	200	300	400	600	800
Noise	dBm max	-63.00	-63.00	-63.00	-63.00	-53.00	-53.00	-53.00	-53.00	-53.00
Ret.Loss	dB max	-6.50	-8.80	-11.80	-12.80	-13.50	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00
Ins. loss	dB min	-15.40	-18.80	-21.20	-22.00	-25.50	-29.10	-35.40	-41.30	-48.90
LCL	dB max	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00
NEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00
FEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00

Table B.10 SDSL.

Frequency	kHz	10	18	30	56	100	150	240	300	420
Noise	dBm max	-68.00	-68.00	-68.00	-68.00	-68.00	-68.00	-68.00	-68.00	-68.00
Ret.Loss	dB max	-6.50	-9.00	-11.50	-14.50	-14.50	-14.00	-13.80	-13.50	-13.00
Ins. loss	dB min	-28.80	-32.80	-38.60	-43.40	-47.17	-53.80	-59.00	-68.80	-78.60
LCL	dB max	-45.00	-45.00	-45.00	-45.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00
NEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00
FEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00

Table B.11 SHDSL.

Frequency	kHz	10	18	30	56	100	150	240	300	420
Noise	dBm max	-68.00	-68.00	-68.00	-68.00	-68.00	-68.00	-68.00	-68.00	-68.00
Ret.Loss	dB max	-6.50	-9.00	-11.50	-14.50	-14.50	-14.00	-13.80	-13.50	-13.00
Ins. loss	dB min	-30.50	-34.70	-40.90	-46.00	-50.00	-57.10	-62.50	-73.00	-83.40
LCL	dB max	-45.00	-45.00	-45.00	-45.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00
NEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00
FEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00

## ETSI MASKS

Table B.12 Voice service.

Frequency	Hz	200	300	400	600	1,020	2,000	2,800	3,000	3,400
Noise	dBm max	-84.30	-84.30	-84.30	-84.30	-84.30	-84.30	-84.30	-84.30	-84.30
Ret.Loss	dB max	-	-6.00	-6.50	-7.00	-9.00	-9.00	-9.00	-9.00	-
Ins. loss	dB min	-	-10.00	-11.50	-14.00	-20.00	-23.50	-24.50	-	-
LCL	dB max	-45.00	-45.00	-45.00	-45.00	-45.00	-45.00	-45.00	-45.00	-45.00
NEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00
FEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00

Table B.13 Modem 56 Kbps.

Frequency	Hz	200	300	400	600	1,020	2,000	2,800	3,000	3,400
Noise	dBm max	-84.30	-84.30	-84.30	-84.30	-84.30	-84.30	-84.30	-84.30	-84.30
Ret.Loss	dB max	-	-6.00	-6.50	-7.00	-9.00	-9.00	-9.00	-9.00	-
Ins. loss	dB min	-	-5.50	-6.00	-7.00	-10.00	-12.00	-12.50	-	-
LCL	dB max	-45.00	-45.00	-45.00	-45.00	-45.00	-45.00	-45.00	-45.00	-45.00
NEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00
FEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00

Table B.14 ISDN.

Frequency	kHz	1	5	10	20	30	40	45	50	50
Noise	dBm max	-68.80	-68.80	-68.80	-68.80	-68.80	-68.80	-68.80	-	-
Ret.Loss	dB max	-2.00	-5.00	-7.50	-10.50	-13.40	-14.00	-14.00	-	-
Ins. loss	dB min	-24.90	-25.20	-26.20	-29.20	-32.00	-33.00	-34.00	-	-
LCL	dB max	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-	-
NEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-	-
FEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-	-

Table B.15 HDSL One pair.

Frequency	kHz	5	10	20	40	100	150	200	300	402
Noise	dBm max	-70.80	-70.80	-70.80	-70.80	-70.80	-70.80	-70.80	-70.80	-70.80
Ret.Loss	dB max	-4.50	-6.50	-9.00	-13.50	-14.00	-14.00	-14.00	-13.50	-13.00
Ins. loss	dB min	-13.40	-14.00	-17.00	-20.60	-22.00	-24.00	-27.00	-32.00	-35.00
LCL	dB max	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00
NEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00
FEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00

Table B.16 HDSL Two pairs.

Frequency	kHz	5	10	20	40	100	150	200	245	245
Noise	dBm max	-68.80	-68.80	-68.80	-68.80	-68.80	-68.80	-68.80	-68.80	-
Ret.Loss	dB max	-4.50	-6.50	-9.00	-13.50	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-
Ins. loss	dB min	-16.40	-17.00	-20.70	-25.20	-27.00	-29.50	-31.50	-34.20	-
LCL	dB max	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-
NEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-
FEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-

Table B.17 E1.

Frequency	kHz	102	200	400	600	800	1024	1250	1500	1750
Noise	dBm max	-68.80	-68.80	-68.80	-68.80	-68.80	-68.80	-68.80	-68.80	-68.80
Ret.Loss	dB max	-15.00	-15.00	-15.00	-15.00	-15.00	-15.00	-14.50	-14.50	-14.50
Ins. loss	dB min	-10.50	-14.00	-17.00	-19.00	-22.00	-25.00	-27.50	-30.00	-32.00
LCL	dB max	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00
NEXT	dB max	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00
FEXT	dB max	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00

Table B.18 ADSL G.lite.

Frequency	kHz	20	40	100	150	200	300	400	450	500
-----------	-----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Noise	dBm max	-63.00	-63.00	-63.00	-63.00	-53.00	-53.00	-53.00	-53.00	-53.00
Ret.Loss	dB max	-6.50	-8.80	-11.80	-12.80	-13.50	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00
Ins. loss	dB min	-36.00	-44.00	-48.00	-52.00	-60.00	-68.30	-72.30	-76.20	-80.80
LCL	dB max	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00
NEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00
FEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00

Table B.19 ADSL 2 Mbps.

Frequency	kHz	20	40	100	150	200	300	400	600	800
Noise	dBm max	-63.00	-63.00	-63.00	-63.00	-53.00	-53.00	-53.00	-53.00	-53.00
Ret.Loss	dB max	-6.50	-8.80	-11.80	-12.80	-13.50	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00
Ins. loss	dB min	-23.50	-28.60	-31.20	-33.65	-39.00	-44.50	-54.30	-63.10	-74.70
LCL	dB max	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00
NEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00
FEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00

Table B.20 ADSL 6 Mbps.

Frequency	kHz	20	40	100	150	200	300	400	600	800
Noise	dBm max	-63.00	-63.00	-63.00	-63.00	-53.00	-53.00	-53.00	-53.00	-53.00
Ret.Loss	dB max	-6.50	-8.80	-11.80	-12.80	-13.50	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00
Ins. loss	dB min	-12.00	-14.70	-16.00	-17.25	-20.00	-22.80	-27.90	-32.40	-38.40
LCL	dB max	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00
NEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00
FEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00

Table B.21 SDSL.

Frequency	kHz	10	18	30	56	100	150	240	300	420
Noise	dBm max	-68.00	-68.00	-68.00	-68.00	-68.00	-68.00	-68.00	-68.00	-68.00
Ret.Loss	dB max	-6.50	-9.00	-11.50	-14.50	-14.50	-14.00	-13.80	-13.50	-13.00
Ins. loss	dB min	-28.80	-32.80	-38.60	-43.40	-47.17	-53.80	-59.00	-68.80	-78.60
LCL	dB max	-45.00	-45.00	-45.00	-45.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00
NEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00
FEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00

Table B.22 SHDSL.

Frequency	kHz	10	18	30	56	100	150	240	300	420
Noise	dBm max	-68.00	-68.00	-68.00	-68.00	-68.00	-68.00	-68.00	-68.00	-68.00
Ret.Loss	dB max	-6.50	-9.00	-11.50	-14.50	-14.50	-14.00	-13.80	-13.50	-13.00
Ins.Loss	dB min	-30.50	-34.70	-40.90	-46.00	-50.00	-57.10	-62.50	-73.00	-83.40
LCL	dB max	-45.00	-45.00	-45.00	-45.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00	-40.00
NEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00
FEXT	dB max	-65.00	-65.00	-65.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00	-60.00