



СВЯЗЬПРИБОР

В.М. Горохов, В.А. Скаковский

Взаимное влияние линий ADSL и цифрового уплотнения.
Подготовка и контроль линии

Методическое пособие

© Тверь, 2009

Введение

Развитие сети связи по медным кабелям предполагает широкое внедрение систем цифрового доступа на основе технологии ADSL и распаривание обычных телефонных каналов с использованием современных цифровых систем уплотнения. При некоторой критической нагрузке кабеля возникают серьезные проблемы совместимости, приводящие к невозможности предоставления заявленных сервисов. Достаточно много написано на тему подготовки и тестирования кабеля для развертывания систем ADSL. Внедрение систем цифрового уплотнения для исключения спаренных телефонов и устаревшей аппаратуры АБУ представляется достаточно новой и актуальной проблемой.

Обычно рекомендуется проводить измерения влияния NEXT каждой пары с каждой для поиска наилучшего варианта. Даже для измерения NEXT на одной частоте на десяти пар кабеля требуется 45 измерений. С учетом того, что передача информации к абоненту по линиям ADSL и цифрового уплотнения осуществляется на различных частотах, измеритель получит труднообозримое количество информации для анализа.

Описана методика подготовки и контроля линии ADSL и цифрового уплотнения, основанная на измерении интегрального параметра пары. Это значительно облегчает работу измерителя по отбору пар и контролю состояния линии (включая локализацию дефектного участка). Анализ возможных проблем рассмотрен на примере станций цифрового уплотнения АЦМ производства ООО «Связькомплектсервис». Учитывая стандарты для технологий SHDSL, используемых различными производителями, методика носит универсальный характер.

Контроль линии и локализация разбалансировки использует одну и ту же схему измерения баланса линии, что обеспечивает удобство и эффективность работы измерителя. Методика получила аппаратное обеспечение в современной технологии Гамма DSL и опубликована на сайте www.svpribor.ru.

Баланс – важнейшая характеристика пары

В самом начале телефонной эры было придумано свивать проводники для уменьшения взаимных наводок в кабеле. В витой паре шум наводится в идеале одинаково на оба проводника и не влияет на сигнал. С другой стороны свитые проводники излучают с противоположными фазами, что минимизирует шумы в окружающее пространство.

Основная характеристика симметричности такой витой пары – продольный баланс $LBal$ (в отечественных источниках аналог – затухание асимметрии). На рис. 1 показана схема измерения продольного баланса:

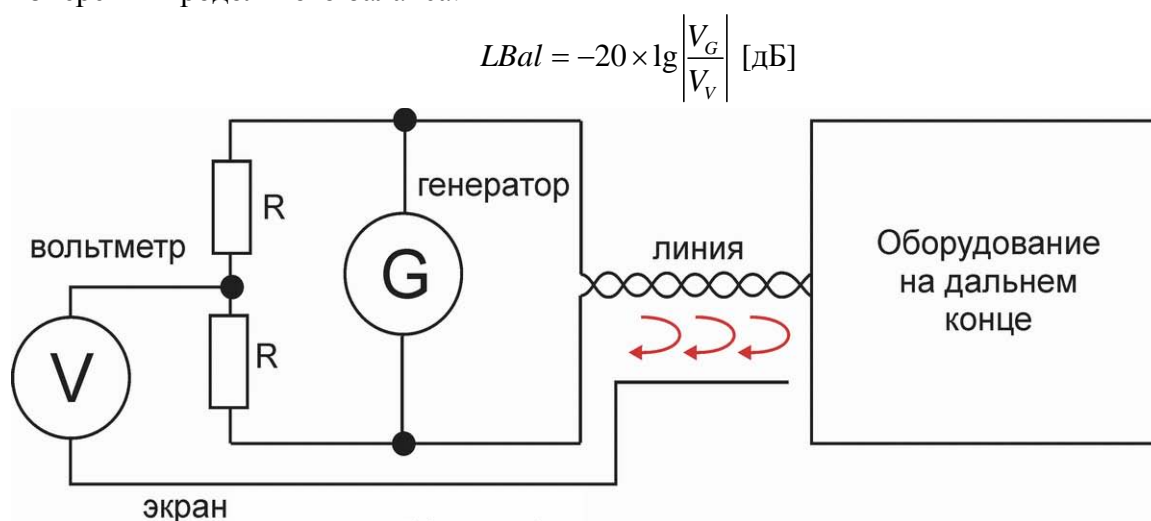


Рисунок 1. Схема измерения $LBal$

Измерения по схеме на рис. 1 показывают, какая часть сигнала, подаваемого в пару генератором G , попадает во внешнюю среду. Замечательно, что в схеме измерения генератор и вольтметр можно менять местами. В этом случае тот же самый параметр $LBal$ показывает, какая часть сигнала из внешней среды (между экраном и средней точкой) проникает в витую пару.

Любые нарушения симметрии линии отражаются в увеличении $LBal$ и приводят к усилению взаимного влияния пар. Обычно взаимовлияние оценивают с помощью вторичных параметров NEXT и FEXT. Измерение NEXT проводится с одной стороны, что достаточно удобно для измерителя, тогда как FEXT требует наличия аппаратуры с обоих концов кабеля. Приборы ТКП (Эрстед, ЛОНИИС) и ПИКА-ИКС (Норма, ЛОНИИС) позволяют автоматизировать процесс измерения и анализа, но они требуют выключение всего кабеля из эксплуатации. Между тем, можно вместо матрицы значений NEXT измерять $LBal$ для отдельных пар, а NEXT оценивать как сумму $LBal$ отдельных пар.

На рис. 2 показана схема измерения NEXT между линией А и В. Генератор G_a подает сигнал в витую пару А. Приемник V измеряет сигнал V_b , наводимый на пару В на ближнем конце. По схеме измерений средние точки генератора и приемника соединены [1].

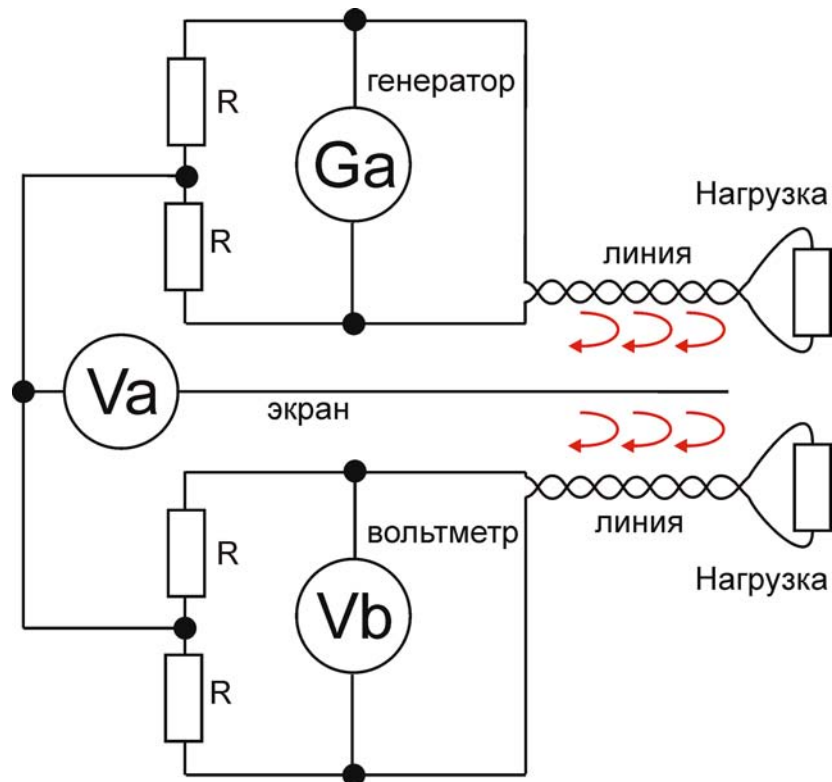


Рис.2. Схема измерения NEXT

Между средней точкой генератора и экраном наводится сигнал с уровнем V_a , определяемый балансом L_{Bal_a} пары А. Этот сигнал проникает в пару В с уровнем V_b , определяемым балансом L_{Bal_b} пары В:

$$NEXT = 20 \log (V_b/G_a) = 20 \log (V_b/V_a)(V_a/G_a) = 20 \log (V_b/V_a) + 20 \log (V_a/G_a)$$

или, что то же самое:

$$NEXT = L_{Bal_a} + L_{Bal_b}$$

Это выражение будет справедливо, если значение L_{Bal} не зависит от жилы или экрана, относительно которых проводится измерение. В первом приближении можно считать, что это условие выполняется. Таким образом, влияние пар друг на друга можно определить суммой балансов этих пар. Измерение L_{Bal} значительно проще измерений NEXT и не требует вывода всего кабеля из эксплуатации.

Отбор пар под линии ADSL

Возникновение взаимных помех происходит, как правило, по всей длине кабеля и в местах наибольшего влияния пар друг на друга. Локальные нарушения баланса обычно связаны с некачественными муфтами и кроссами. Особенно сильное нарушение балансировки вызывается разбитостью пар.

Для уменьшения взаимного влияние пар, необходимо при подготовке линии ADSL отбирать пары с самым хорошим балансом на частоте нисходящего потока. Это целесообразно это делать на частоте 1104 кГц 256 бина, являющегося крайней точкой нисходящего потока для технологий ADSL и средней точкой для ADSL2+, где сочетание частоты и спектральной плотности сигнала дают максимальный эффект.



Каждое новое подключение ADSL будет увеличивать взаимные наводки. Для N влияющих пар на пару «а» можно получить выражение:

$$S_{NEXT} = L_{Bal_a} + 10 \times \log_{10} \sum_i^N 10^{\frac{L_{Bal_i}}{10}}$$

Если все значения L_{Bal} влияющих пар примерно одинаковы и равны L_{Bal_b} , то выражение упрощается:

$$S_{NEXT} = L_{Bal_a} + L_{Bal_b} + 10 \times \log_{10} N$$

Крайне желательно иметь в паспорте на кабель значения баланса для всех пар. Это позволит прогнозировать возможные проблемы при увеличении загрузки кабеля широкополосными сигналами.

Стандарты ETSI [2] дают допуск для L_{Bal} линии на уровне – 40 дБ. Таким образом, сложение балансов двух линий дает теоретический уровень NEXT не хуже -80 дБ. Проводя измерения, необходимо помнить, что взаимодействие линий может быть усилено при недостаточно хорошем согласовании линии. На рис. 3 показана частотная характеристика NEXT двух линий с уровнем баланса согласованной линии около -55 дБ. Выраженные максимумы частотной характеристики NEXT объясняются несогласованностью линий на дальнем конце.

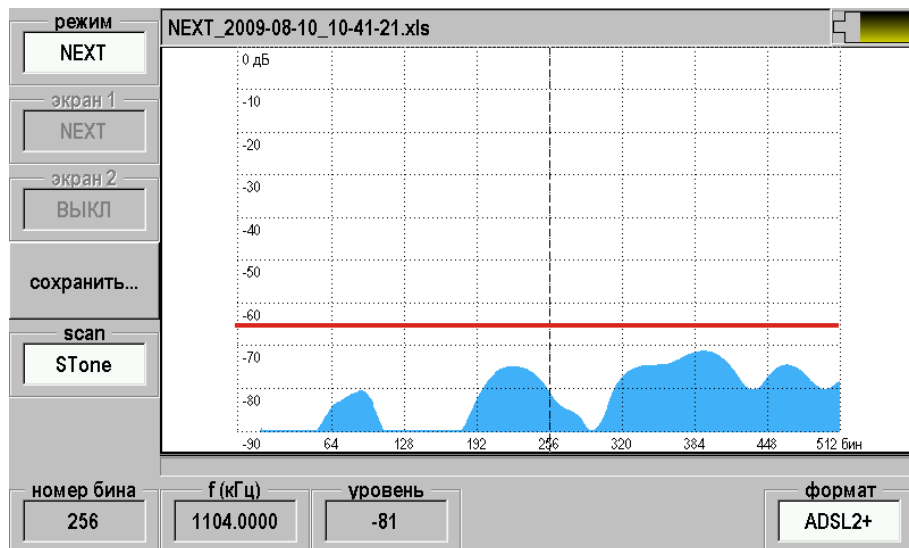
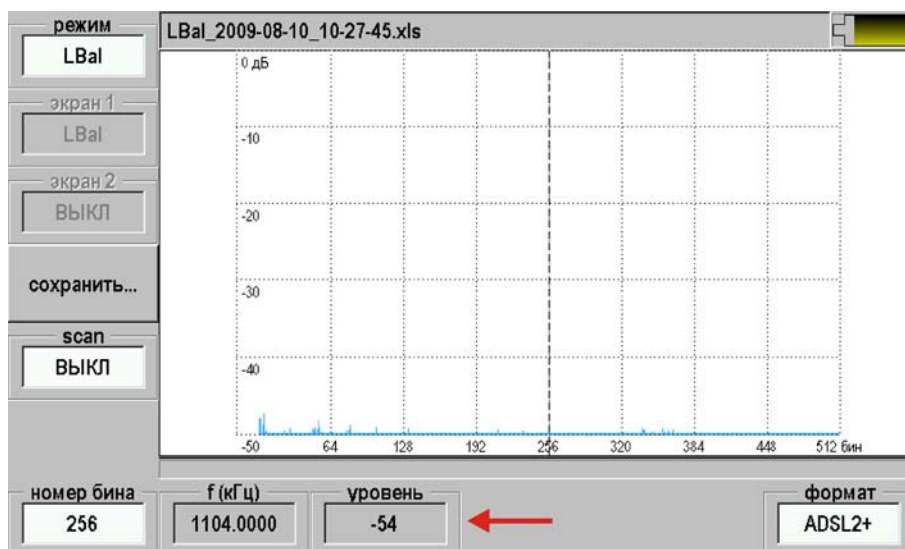


Рис.3. Частотная характеристика NEXT, снятая прибором Гамма DSL на кабеле ТПП 0.5 длиной 1 км. Маска на уровне -65 дБ (0 – 511 бин).

Отбор пар. Отбор пар под линии ADSL производится по измерению LBal пары. В меню прибора Гамма DSL выберите пункт «Измерения xDSL». Установите режим «LBal», как показано на скрин-шоте экрана «Измерения xDSL». В окне «формат» выберите технологию ADSL2+. Режим сканирования по частоте «scan» необходимо перевести в положение «ВЫКЛ». Передвигая курсор по экрану, выберите для измерения LBal 256 бин. Отбор пар производите по лучшему показанию в окне «уровень» (т.е. числовое значение со знаком «-» должно быть максимальным).



Совместная работа ADSL и систем цифрового уплотнения SHDSL в одном кабеле

Аппаратура цифрового уплотнения АЦМ-2-Т (также как и FlexGain PCM от Натекс) работает по стандартам SHDSL. Если в рабочем кабеле имеются сервисы ADSL, возможно перекрытие спектров цифрового уплотнения и восходящего потока в линии ADSL, приводящее к взаимным наводкам (рис.4).

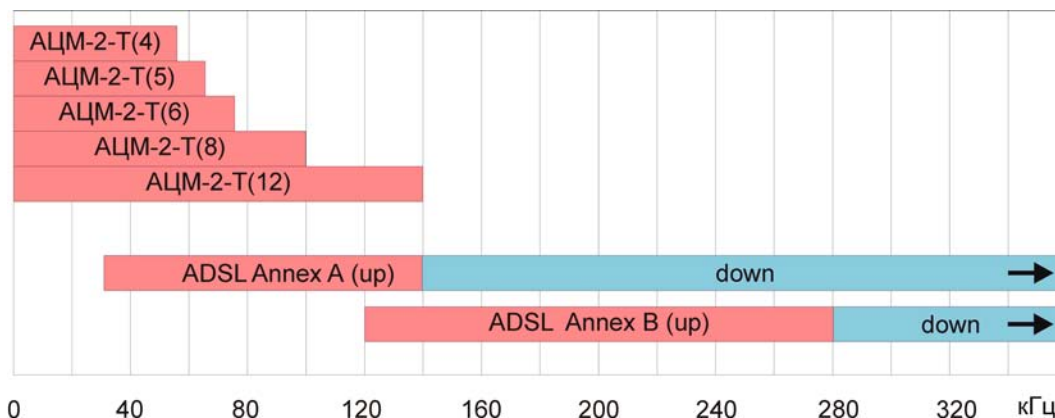


Рисунок 4. Спектры рабочих частот аппаратуры цифрового уплотнения по уровню -3дБ и параллельных линий ASDSL

Принимаемый на станционной стороне сигнал восходящего потока ослаблен затуханием в кабеле. Уровень мощности станционного передатчика аппаратуры цифрового уплотнения, значительно превышает уровень мощности сигнала, принимаемого DSLAM Annex A на этих частотах (рис.5).

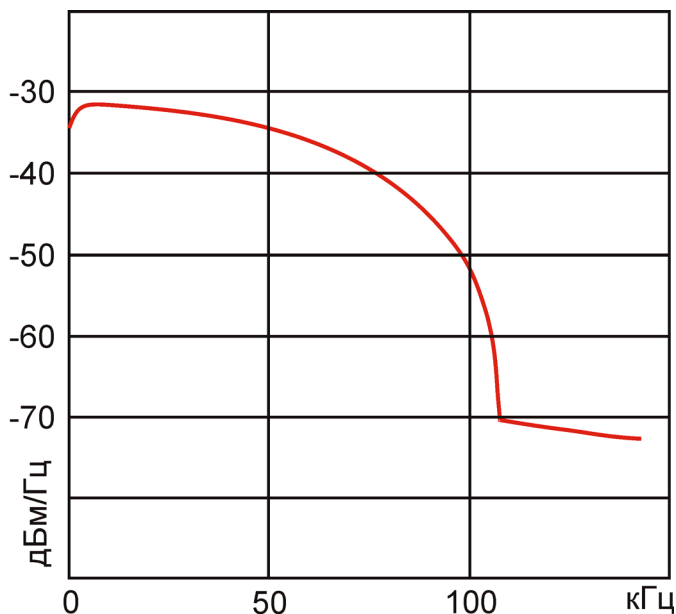


Рис.5. Спектральная плотность сигнала станции цифрового уплотнения на 4 абонента. Рабочая частота по уровню -3 дБ составляет 54,6 кГц [3].

Для ослабления влияния цифрового уплотнения на линии ADSL следует максимально разнести их частоты, соблюдая следующие рекомендации.

Влияние цифрового уплотнения на ADSL Annex A

Если используется технология ADSL Annex A, происходит наложение спектров рабочих частот. Причем NEXT на стороне абонента приводит к ошибкам в SDSL, а NEXT станционной стороне губительно сказывается на ADSL.

Если внедрение аппаратуры уплотнения производится на кабелях с развернутыми системами ADSL, важнейшей задачей представляется сохранение существующих сервисов. В этом случае проблемы следует ожидать именно со стороны станции. Для оценки влияния необходимо сравнить сигнал передатчика станции цифрового уплотнения, наведенный в линию ADSL, и сигнал upstream, который ослаблен затуханием в кабеле (рис.6).

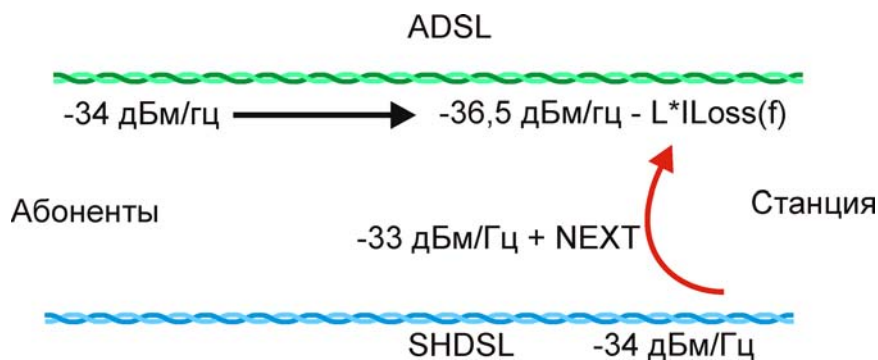


Рис. 6. Влияние SHDSL на ADSL (сторона станции), одна влияющая пара. Других шумов нет.

Расчет скорости [4] основан на теореме Шеннона:

$$V = \frac{4000}{3} \times \sum_i (SNR_i + G - \Gamma - M)$$

SNR_i [дБ] – (Signal to Noise Ratio) отношение сигнал/шум в i -м бине.

$G = 2$ дБ - «кодовое усиление», связанное с алгоритмом исправления ошибок Рида-Соломона в ADSL.

$\Gamma = 9,8 \approx 10$ дБ – постоянная, определяемая допустимым уровнем ошибок $1E-7$, принятым для ADSL.

M – запас помехоустойчивости. Обычно в модемах устанавливается не менее 6 дБ.

Результаты расчетов для кабеля ТППО,4 показаны на рисунке 7.

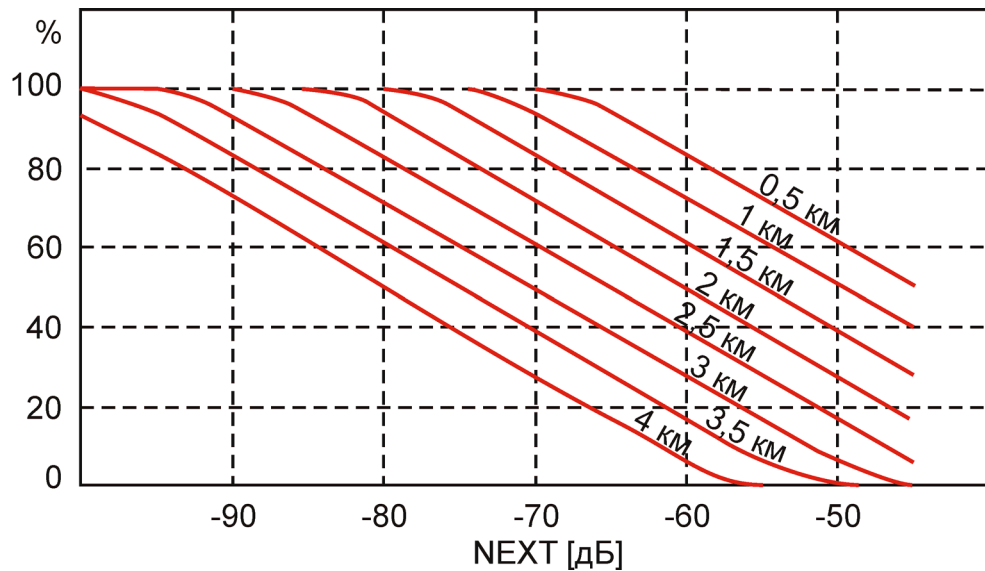


Рис. 7. Влияние SHDSL на скорость upstream ADSL в зависимости от NEXT.

Допустимый по ETSI уровень NEXT -65 дБ приводит к потерям скорости восходящего потока не более 40% только для длин кабеля менее 2 км. Для длины кабеля 3 км уровень NEXT должен быть ниже -75 дБ, а для 4 км – ниже -85 дБ. С учетом реального состояния кабельного хозяйства такие требования кажутся трудновыполнимыми. К тому же длинные линии делают невозможным снижение влияния за счет регулировки мощности сигнала SHDSL.

Вывод: применение систем цифрового уплотнения параллельно линиям ADSL Annex A ограничено динами линий менее 2 км. Для линий длиной более 2 км требуется применение технологий Annex B.

Рекомендации

1. Отбирать пары под цифровое уплотнение по уровню баланса LBal на рабочей частоте устанавливаемой аппаратуры. Уровень NEXT выбранной пары с линией ADSL на рабочих частотах устанавливаемой аппаратуры не должен превышать -65 дБ [2].
2. Использовать технологии ADSL2, ADSL2+/ Annex B. Использование Annex B не должно приводить к взаимным влияниям. Технологии ADSL2 и ADSL2+ поддерживают динамическое перераспределение спектра и позволяют в значительной мере ослабить влияние аппаратуры АЦМ. Annex B специально предназначен для работы ADSL поверх ISDN даже по одной паре. Если используется Annex A возможен переход на Annex B перепрошивкой модемов и заменой сплиттеров.
3. Стараться не подключать через АЦМ Интернет. Если нужен Интернет, можно на одну пару повесить модем ADSL2+/Annex B и АЦМ-4 (естественно с соответствующими сплиттерами). Будет и хороший Интернет, и четыре телефона.
4. Не использовать аппаратуру цифрового уплотнения параллельно линиям ADSL на количество телефонов более 8.
5. Использовать дополнительные фильтры на аппаратуре АЦМ.
6. Попытаться ограничить уровни сигналов АЦМ для уменьшения их влияния на каналы ADSL.

Контроль линии и поиск неисправностей

Контроль технического состояния линии должен осуществляться по тому же параметру, что и отбор пар – по балансу пары. Повреждения на кабеле приводят к разбалансировке пары и возникновению помех на линии, препятствующих ее нормальной работе.

Табл.1. Причины потери помехозащищенности кабельной линии.

Причина	Метод поиска места	Характерный параметр
Плохой контакт в муфте	Рефлектометр, Симметричный вейвлет (Гамма DSL)	L_{bal} в области высоких частот Омическая и емкостная асимметрия
Сообщение Утечка	Мост 400 В, рефлектометр (Гамма DSL)	L_{bal} в области низких частот Сопротивление изоляции
Разбитость пар	Рефлектометр (Гамма DSL)	L_{Bal} Электрическая емкость

В таблице 1 приведены характерные причины разбалансировки пары и методы локализации повреждения. Особенно тяжело локализовать плохой контакт в муфте, когда величина омической асимметрии недостаточна для обычного рефлектометрического метода. Метод симметричной вейвлет-рефлектометрии впервые применен в технологии Гамма DSL для локализации асимметрии линии [5].

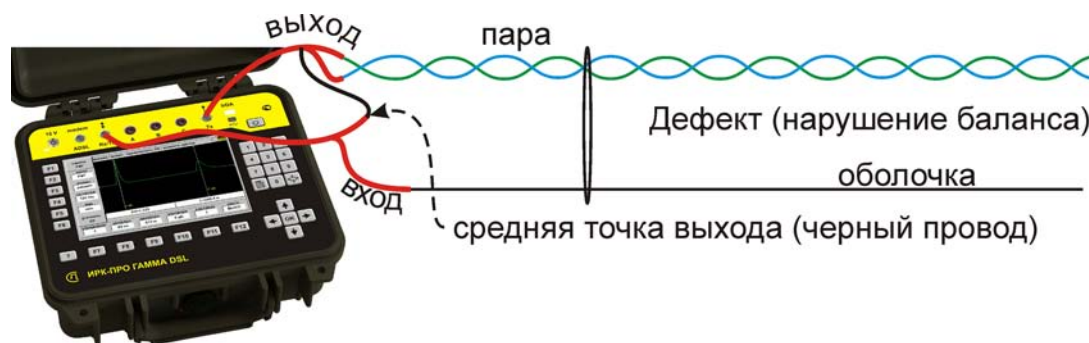


Рис.8. Схема локализации разбалансировки линии симметричным вейвлет-рефлектометром Гамма DSL.

Схема метода на рис.8. соответствует схеме измерения баланса пары. Таким образом, локализация разбалансировки пары производится простым переключением прибора в режим симметричного DSP-рефлектометра.

Влияние SHDSL на восходящий поток линии ADSL может приводить к прерываниям связи в линии ADSL в момент наибольшей загрузки систем цифрового уплотнения. Для установления факта прерываний может потребоваться мониторинг скорости, а для выявления причин прерываний мониторинг импульсных помех. В технологии Гамма DSL мониторинг скорости проводится встроенным модемом, а мониторинг импульсных помех (режим «шум», рис.9) не ограничивается простой фиксацией события, а сопровождается записью спектра помех. Низкочастотная составляющая спектра свидетельствует о том, что источником помех служит аппаратура цифрового уплотнения.

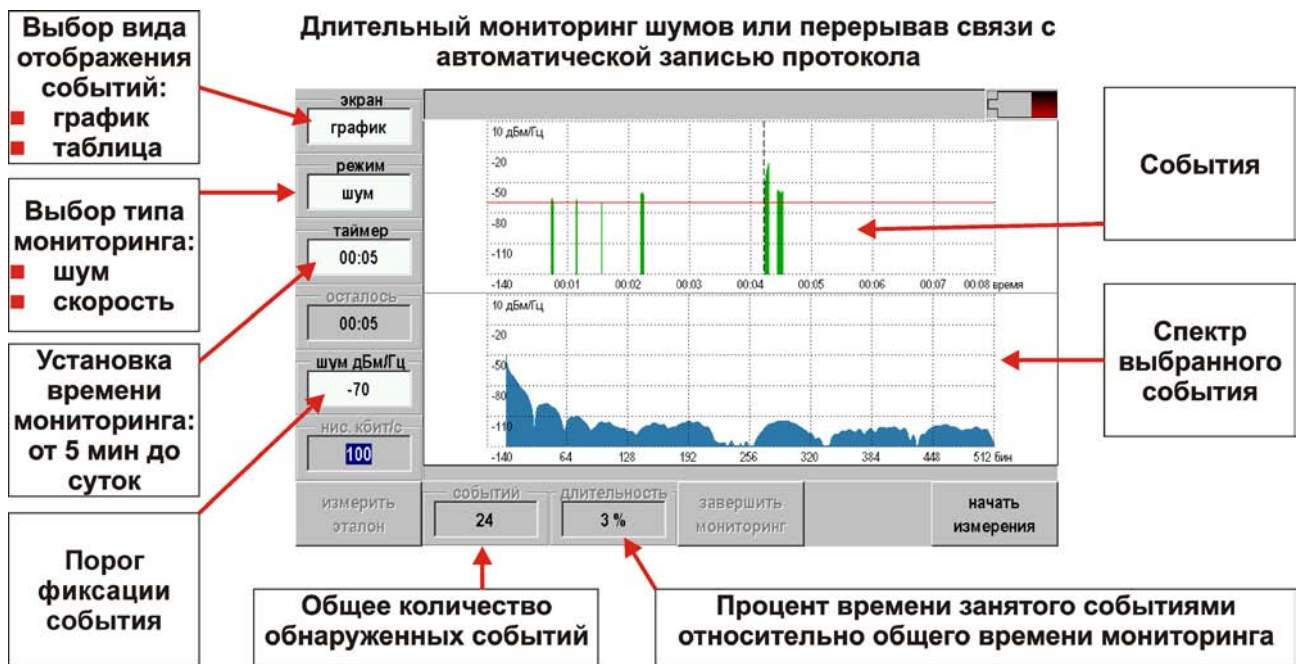


Рис.9. Мониторинг прерываний скорости и импульсных помех прибором Гамма DSL.

Литература

1. TIA-EIA-568-B.2. Balanced Twisted-Pair Cabling Components. p.45.
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. G991.2. Single-pair high-speed digital subscriber line (SHDSL) transceivers. ITU-T. 2001.
4. Горохов В.М., Скаковский В.А., Сергеев Д.В., Столяров В.С. Расчет скорости линии ADSL. «Вестник Связи» 2008, №2
5. Горохов В.М., Сергеев Д.В., Столяров В.С., Скаковский В.А. Локализация сосредоточенного нарушения балансировки пары рефлектометром. //«Вестник связи» 2007, № 8

Приложение 1. Термины и единицы измерений

Табл.2. Термины частотных измерений

	Отечественная терминология	Международные термины	Ед. изм.
1	Мощность сигнала	SIGNAL	дБм
2	Спектральная плотность сигнала	PSD	дБм/Гц
3	Уровень помех (шум)	NOISE	дБм/Гц
4	Отношение сигнал/шум	SNR	дБ
5	Рабочее затухание сигнала (АЧХ)	INSERTION LOSS	дБ
6	Переходное влияние на ближнем конце	NEXT	дБ
7	Затухание асимметрии	LONGITUDINAL BALANCE	дБ

Уровень сигнала в дБ. В табл.2 представлены относительные единицы частотных характеристик. Параметры 5 – 7 определяют уровень измеряемого сигнала U относительно сигнала, подаваемого генератором в линию U_0 :

$$I_{Loss}, NEXT, L_{Bal} \text{ (дБ)} = 20 \lg (U / U_0)$$

Приведенные параметры отличаются только схемой измерения сигнала. I_{Loss} (рабочее затухание) снимают на дальнем от генератора конце кабеля, $NEXT$ снимают на ближнем конце соседней пары, а L_{Bal} – между средней точкой и землей (рис.2). Поскольку измеряемый сигнал всегда меньше сигнала генератора, измеряемые логарифмические величины имеют знак «-». Так затухание сигнала в 10 раз дает -20дБ, в 100 раз дает -40 дБ. Если сигнал в результате затухания сначала уменьшился в 10 раз, а затем в 100 раз, то логарифмические показания складываются: $(-20) + (-40) = -60$ дБ – это уровень, который соответствует затуханию сигнала в 1000 раз.

Примечание: следует обратить внимание, что в отечественной практике знак «-» не ставился, что может приводить к некоторой путанице.

Уровень мощности в дБм. Если единицы в дБ достаточно привычны измерителям, то уровень мощности в дБм и спектральная плотность в дБм/Гц часто требуют пояснений. Уровень мощности сигнала W в дБм определяется относительно уровня мощности эталонного сигнала в 1 мВт с амплитудой U_0 :

$$W \text{ (дБм)} = 10 \lg (U^2 / U_0^2)$$

Поскольку сигнал может быть как меньше, так и больше эталонного, то уровень мощности в дБм может быть как отрицательным, так положительным или нулевым. Например, станционные передатчики DSLAM передают по каждому бину около 0 дБм.

Уровень сигнала и его мощность относительно сигнала генератора равны:

$$20 \lg (U / U_0) = 10 \lg (U^2 / U_0^2)$$

Это означает, например, что если сигнал затухает на 40 дБ, то и его мощность уменьшается на 40 дБм.

Спектральная плотность сигнала или шума. Спектральная плотность сигнала определяется как его уровень в дБм, отнесенной к частотной полосе измерения сигнала.

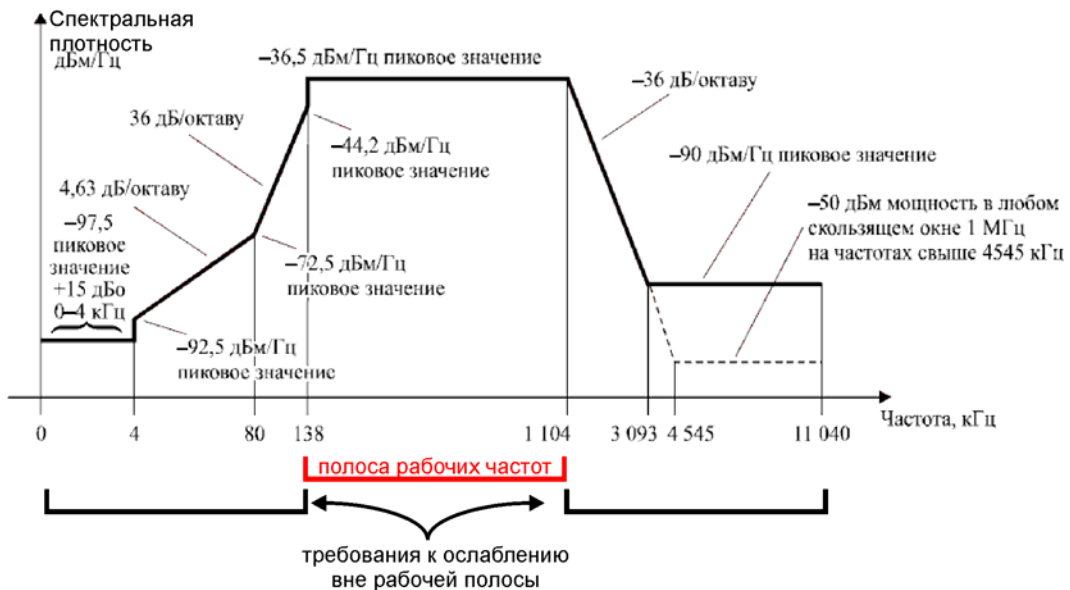
$$w \text{ (дБм/Гц)} = 10 \lg ((U^2 / U_0^2) / \Delta f)$$

При делении логарифмы вычитаются. Если в полосе частот Δf (Гц) передается сигнал мощностью W (дБм), то спектральная плотность такого сигнала определяется как

$$w \text{ (дБм/Гц)} = W \text{ (дБм)} - 10 \lg (\Delta f)$$

Это и есть правило перехода от уровня мощности в некоторой полосе к спектральной плотности сигнала или помех.

Пример. Спектральная плотность передатчика DSLAM. Чтобы определить спектральную плотность нисходящего потока DSLAM в бине нужно от уровня сигнала около 0 дБм в каждом бине отнять $10 \lg (\Delta f)$. Ширина каждого бина ADSL равна 4 кГц, значит, отнять нужно $10 \lg (4000) = 36$. Получаем спектральную плотность около -36 дБм/Гц. На рисунке показана стандартная маска ADSL с уровнем -36,5 дБм/Гц:



Следует обратить особое внимание, что для определения отношения сигнал/шум обе величины (сигнал и шум) должны быть выражены в одинаковых единицах. Иногда справочники указывают не спектральную плотность сигнала и шума, а их уровень мощность в определенной полосе частот.

Маски ETSI. Маски ETSI дают допустимый уровень шума в дБм для полосы частот в 5 кГц. Уровень шума для восходящего потока определяется в -63 дБм, а для нисходящего -53 дБм. Чтобы перейти к универсальным единицам дБм/Гц, следует от указанных уровней отнять $10 \lg (5000) = 37$ единиц. Получаем:

ETSI для восходящего потока, предельный шума уровень -90 дБм/Гц

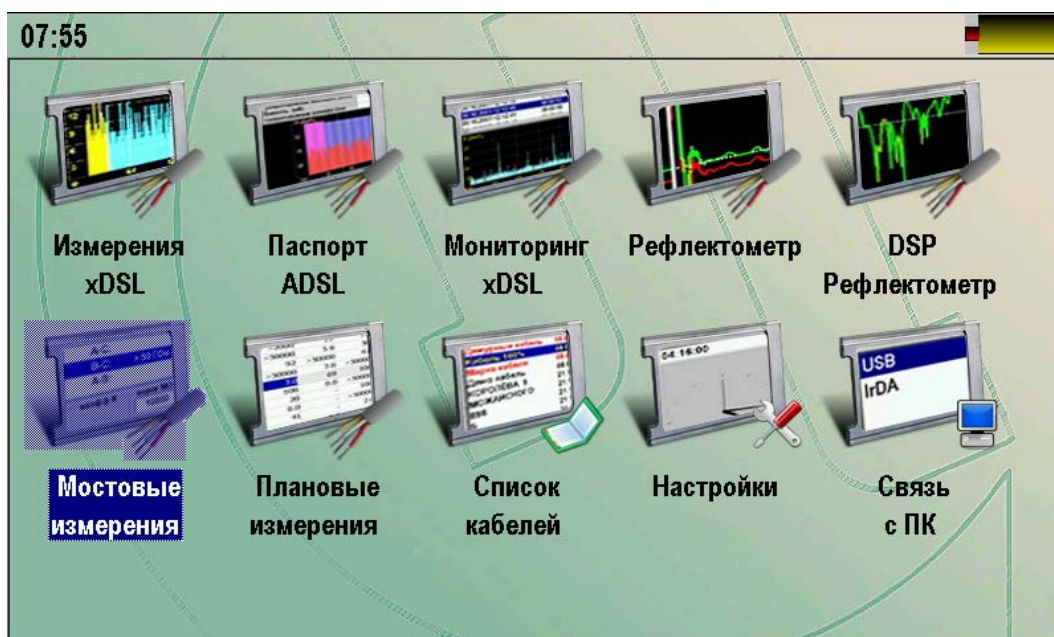
ETSI для нисходящего потока, предельный шума уровень -100 дБм/Гц

Измерения спектральной плотности шума прибором Гамма DSL проводятся в дБм/Гц.

Примечание: прибор ALT 2000 показывает уровень шума в дБм в полосе частот 5 кГц. Для сравнения его показаний с показаниями Гамма DSL следует отнять от показаний ALT 2000 37 единиц (или прибавить к показаниям Гамма DSL).

Приложение 2. Функционал Гамма DSL

Гамма DSL Функциональные возможности



Выделенные линии ADSL, ADSL2, ADSL 2+:

- Полный комплекс частотных и мостовых измерений для паспортизации линии.
- Измерения скоростного потенциала линии, помех и уровня помехозащищенности; NEXT, FEXT, баланс пары, возвратные потери.
- Встроенный модем:
- работа с DSLAM, определение стандарта, получение данных о скорости, SNR, шуме; длительный мониторинг.

Зоновые магистрали SHDSL, HDSL, E1 (стандарт ALT 2000):

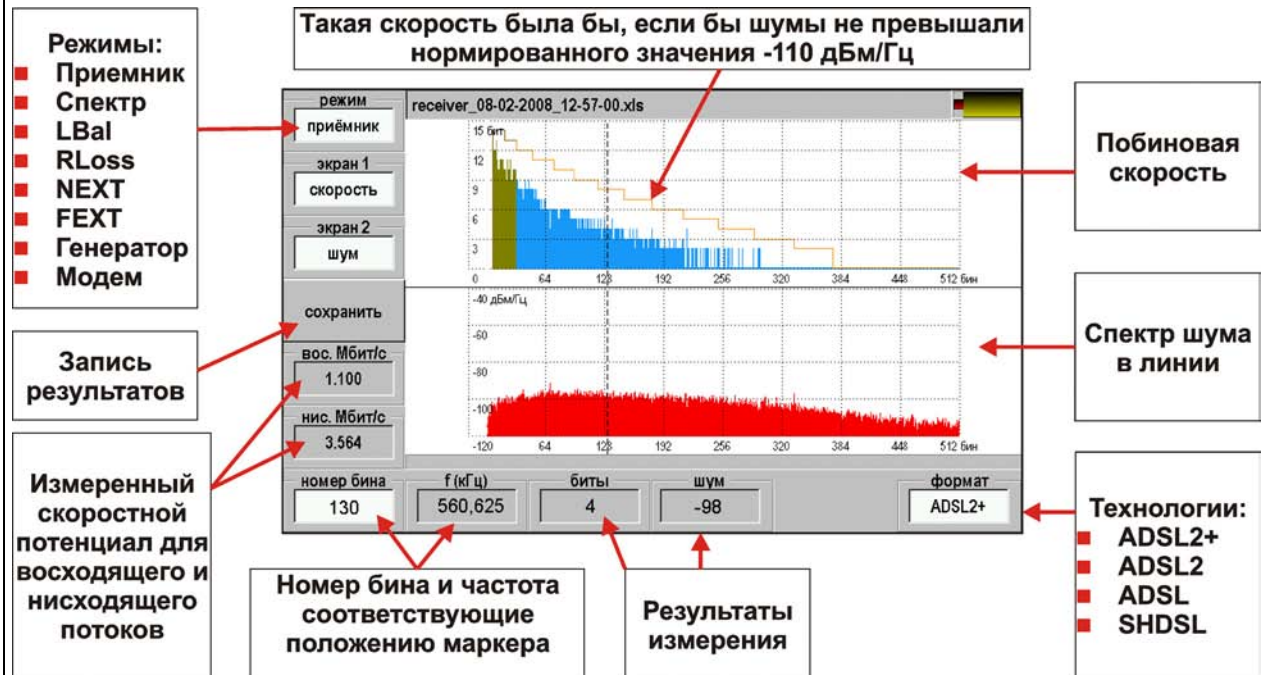
- спектр шума / сигнала (NOISE),
- возвратные потери (RETURN LOSS),
- затухание сигнала (INSERTION LOSS),
- асимметрия (LONGITUDINAL BALANCE),
- переходное влияние (NEXT/FEXT)

Специальные функции:

- анализ скоростного потенциала линии
- мониторинг прерываний скорости
- суточный мониторинг импульсных помех
- маски ETSI/ANSI
- редактирование и создание масок
- запись и чтение в графическом формате
- передача протокола на компьютер

Стандартный и вейвлет рефлектометры Измерительный мост

Измерения xDSL



Выделенные линии ADSL, ADSL2, ADSL2+:

- АЧХ, спектр шума/сигнала, отношение сигнал/шум, уровень помехозащищенности, побиновая скорость восходящего и нисходящего потоков
- возвратные потери (RETURN LOSS)
- баланс пары (LONGITUDINAL BALANCE)
- переходное влияние (NEXT/FEXT) в полном частотном диапазоне

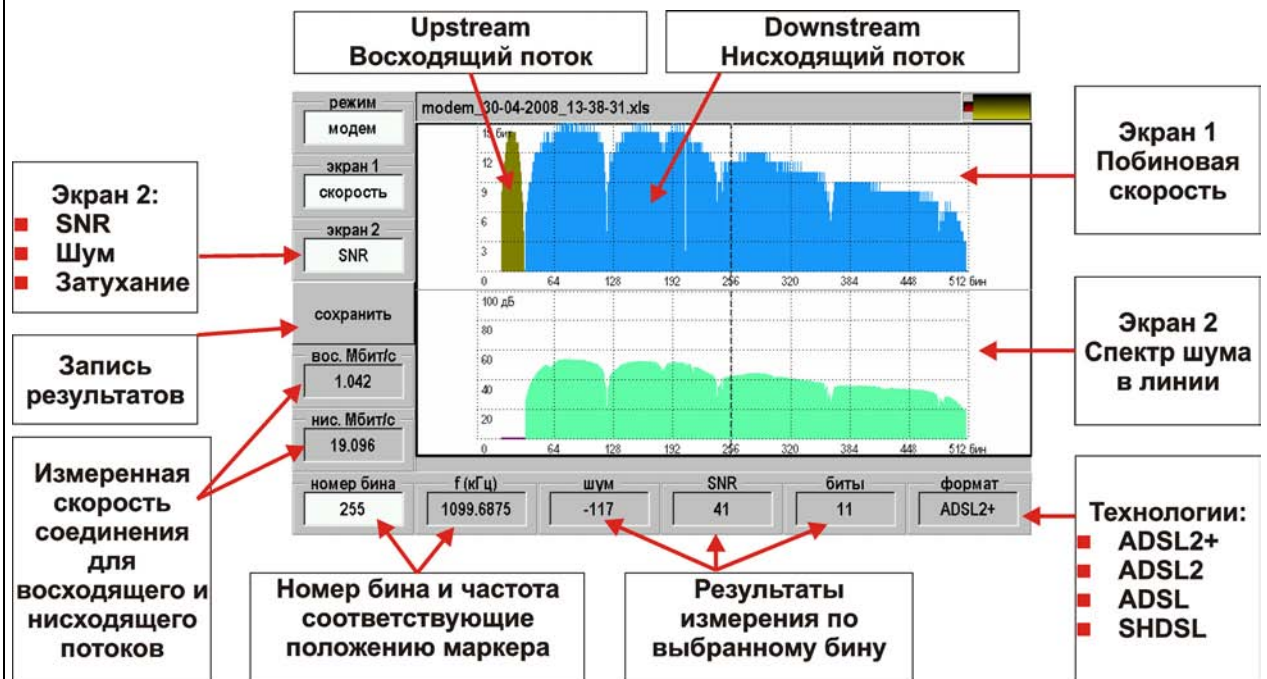
Зоновые магистрали SHDSL, HDSL, E1:

- спектр шума / сигнала;
- возвратные потери;
- затухание сигнала
- баланс пары;
- переходное влияние (NEXT/FEXT) в диапазоне частот:
 - SHDSL, HDSL: 1,0 - 512 кГц с шагом 1 кГц
 - E1: 2,0 - 1024 кГц с шагом 2 кГц

Специальные функции:

- использование и редактирование масок ETSI/ANSI из памяти прибора;
- мгновенное создание собственных масок по измеренным частотным характеристикам (для контроля изменения параметров магистральных линий).

Встроенный модем Annex A+B



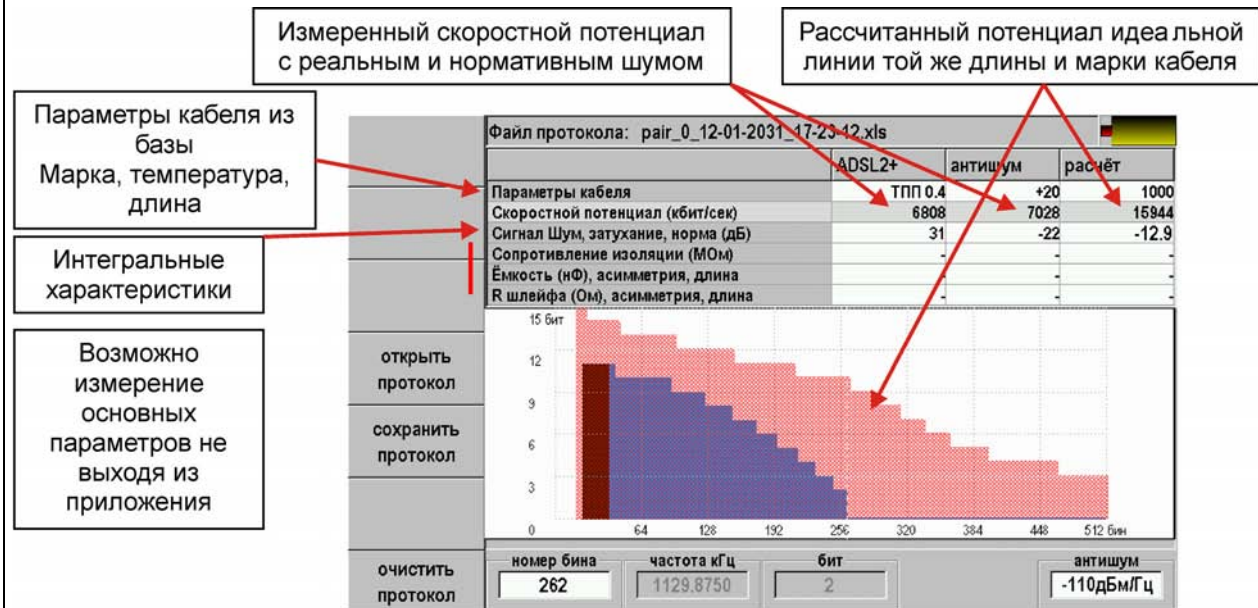
Работа с DSLAM - выполняемая процедура:

- Включение модема
- Инициализация
- Определение Annex A / B
- Запуск процесса измерения
- Определение стандарта
- Получение данных о скорости: цифровое и графическое (побиновое) представление
- Получение данных о SNR
- Получение данных о шуме (спектральная плотность)

Все данные выводятся на экран "Измерения xDSL"

В приложении "Мониторинг": длительный мониторинг качества канала связи с записью протокола измерений

Паспорт ADSL



Можно отметить, что основные потери скорости вызваны аномально высоким затуханием в линии. Потери на шум незначительны.

В этом приложении снимаются частотные и мостовые характеристики, необходимые для тестирования выделенной линии. Измерения проводятся в виде заполнения протокола, который сохраняется в памяти с данными измерений и может быть передан на компьютер в отчетной форме.

Частотные измерения:

- АЧХ
- спектр шума
- скоростной потенциал линии

Скоростной потенциал сравнивается с расчетной скоростью для данной длины и типа кабеля. В случае занижения скорости прибор проводит анализ причин: из-за высокого уровня помех или из-за аномально высокого затухания в линии.

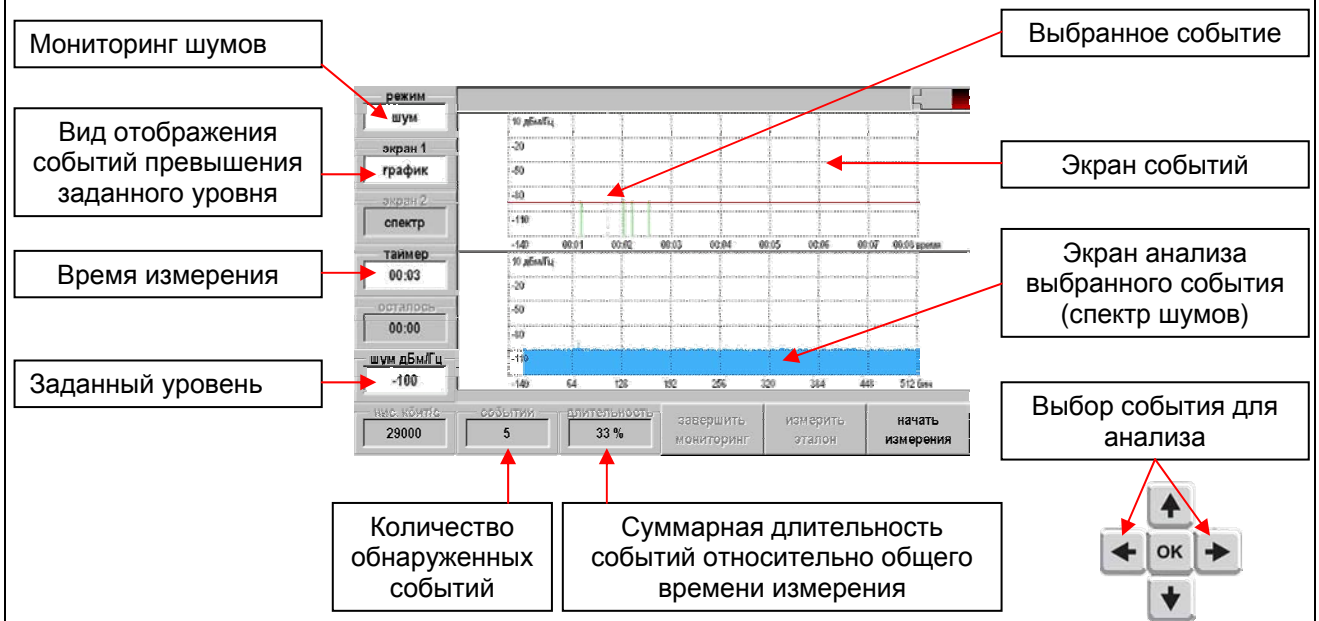
Мостовые измерения:

- сопротивление изоляции
- шлейфа
- емкость
- омическая и емкостная асимметрия

Прибор проводит анализ на соответствие параметров нормам для выделенной линии.

Методика устранения причин неисправности прилагается.

Мониторинг прерываний скорости и помех



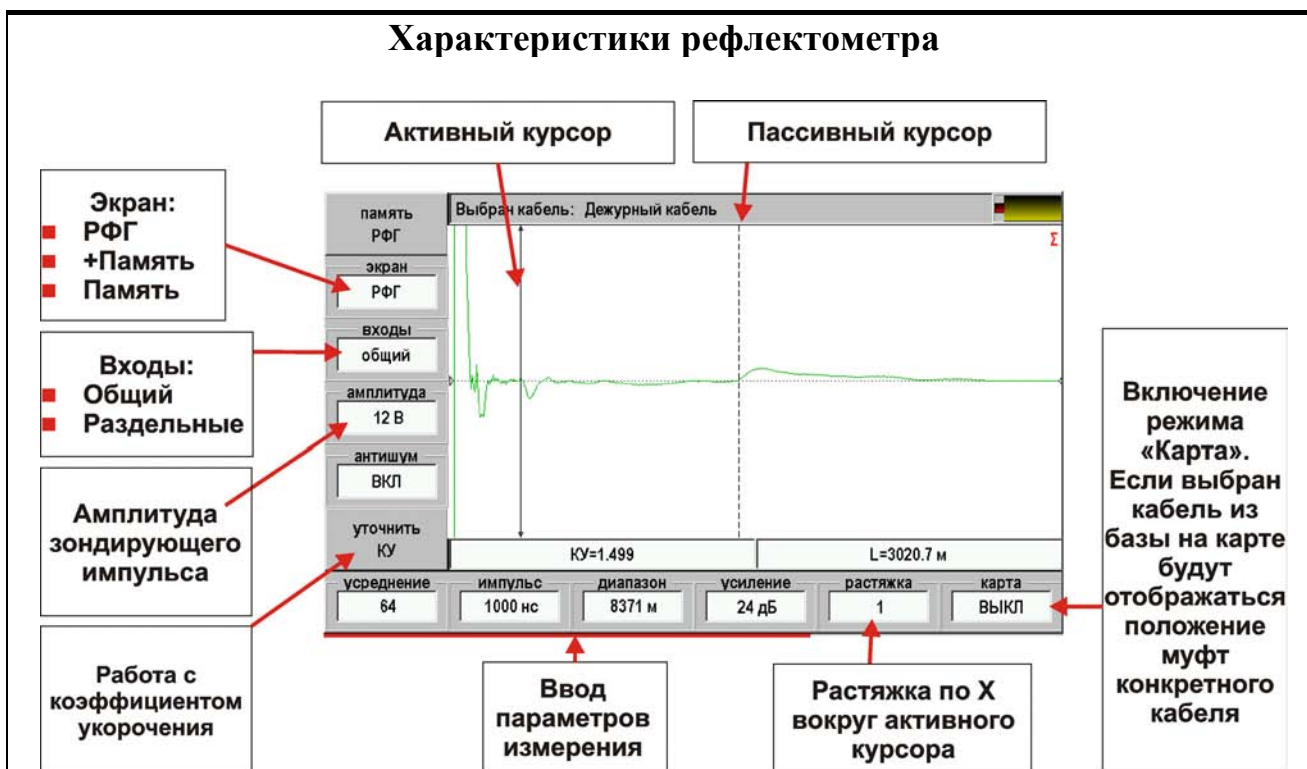
Суточный мониторинг скорости:

прибор автоматически или измеритель сам задает порог скорости, ниже которого прибор фиксирует прерывания и выводит скорость в виде суточного графика. Прерывания сопровождаются измерением АЧХ и шумов в линии (хранящихся в памяти прибора) для определения причины прерывания скорости. Скорость, АЧХ и шум выводятся на экран из любого места графика прерываний.

Импульсные помехи:

прибор автоматически или измеритель сам задает порог спектральной плотности шума, выше которого прибор фиксирует спектр помех и выводит его на экран из любого места графика суточного мониторинга помех.

Характеристики рефлектометра



Цифровой вейвлет-рефлектометр.

Стандартный рефлектометр.

Диапазоны измеряемых рефлектометром расстояний:

64, 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192, 16384, 32768, 65536 м

Максимальное разрешение: 0,2 м

Перекрываемое затухание: Не менее 80 дБ

Регулируемая амплитуда зондирующего импульса: 6 – 18 В

Длительность зондирующего импульса: 8-50000 нс

Количество усреднений: 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512

Диапазон установки коэффициента укорочения: 1-7 с шагом 0,001

Специальные функции.

Вейвлет-рефлектометр, уникальный метод:

локализация разбаланса пары (поиск DSL-повреждений)

Характеристики моста

Выбранный кабель

	Выбран кабель: Кабель 100%	AC	BC	AB
вольтметр				
изоляция	Сопротивление изоляции (МОм)	-	-	-
	Отношение R изоляции жил (коэфф K)	-	-	-
	Сопротивление шлейфа (Ом)	-	-	49.9
шлейф	Поврежденный участок	-	-	1
	Расстояние до места утечки (м)	-	994	-
	Расстояние с учетом коэфф K (м)	-	-	-
	Температура (°C)	-	-	+21
утечка	Длина кабеля из шлейфа, ёмкости, списка (м)	-	-	1000
	Омическая асимметрия (Ом)	-	-	0.1
	Ёмкость (нФ)	-	-	-
ёмкость	Ёмкость хорошей жилы (нФ)	-	-	-
	Расстояние до места обрыва	-	-	-
обрыв	Xb: 994 м	994		
	Xa: ...	М		
очистить протокол	асимметрия	длина	усреднение	фильтр
	0.1	1000	32	ручн

Выбор типа измерений одной кнопкой.

Результаты всех измерений заносятся в протокол испытаний.

Результат текущего измерения после фильтрации (усреднения).

Фильтр: автомат или ручной по кнопке [OK].

Ввод или отображение дополнительных параметров в зависимости от типа измерений.

Результат текущего измерения без фильтрации.

Количество усреднений.

- Диапазон измерения сопротивления изоляции: 1 кОм – 50000 МОм
- Диапазон электрической ёмкости: 0,1 – 2000 нФ
- Диапазон измерения сопротивления шлейфа: 0 – 10 кОм
- Диапазон измерения напряжения: 0 – 300 В
- Испытательное напряжение: 400 В, 180 В
- Диапазон R_п в месте повреждения изоляции: 0 – 20 МОм
- Максимальная погрешность локализации дефекта: 0,1%+1м (для R_п = 0 – 3 МОм)
- Максимальная погрешность измерения R_{шл} (0 - 3000 Ом): ± 0,1%+0,1 Ом
- Максимальная погрешность измерения R_a: ± 0,1%+0,1 Ом
- Максимальная погрешность измерения R_{из}, S_x: ± 2%

Общие



- Цветной TFT дисплей 800x480
- Связь с компьютером через USB-порт
- Карта памяти 1 ГБ
- Установка новых функций с диска
- Питание от встроенного аккумулятора: 6 элементов типа C NiMh 3.2 Ач
- Потребляемая мощность: 7 Вт
- Габариты: 270x240x120
- Вес: 2,5 кг