

Эксплуатационная надежность сетей ШПД-хDSL. Нормирование и инструментальный контроль



*А.В.Кочеров
Главный метролог
ООО «Аналитик-ТС»*

Эксплуатационная надежность технических систем при интуитивной ясности термина не определяется даже в специальных трудах самых ответственных организаций России. Так, в электронном учебном пособии Министерства по чрезвычайным ситуациям приводится алгоритм обеспечения эксплуатационной надежности, но отсутствует собственно определение термина (см. «Надежность технических систем и техногенный риск» <http://www.mchs.emermos.ru/acko/education/reliability/9-8.html>). МЧС предлагает рассматривать обеспечение эксплуатационной надежности как замкнутый цикл последовательных операций, в ходе которого принимаются решения об изменении конструкции эксплуатируемой технической системы на основе постоянного анализа:

- конструкции системы (в самом широком смысле);
- существующей практики эксплуатации;
- причин отказов.

Характеризуя эксплуатационную надежность сетей широкополосного доступа на основе технологий хDSL (ШПД-хDSL) вероятностью доступности сети или временем восстановления после аварии, многие эксперты говорят о резервировании каналов, линий связи и оборудования, но выводят за рамки рассмотрения вопрос, связанный именно с «последней милей» (см. Круглый стол: «Последняя миля»: время скоростных решений //«Connect! Мир связи», 2005, № 5. <http://www.connect.ru/article.asp?id=5824>). Залогом надежности, по мнению сетевых специалистов, является «только одно – работа с надежным партнером – поставщиком каналов». При этом предполагается, что «надежный партнер» сам знает, как следует обеспечивать эту самую собственную надежность.

Понятие Структурированной кабельной системы (СКС) определяется как «система, удовлетворяющая требованиям стандартов, то есть являющаяся гаран-

тировано надежной и способной обеспечить рабочие характеристики на протяжении всего времени своего существования» (См. Портнов Э.Л., Соколов А.Л. Взаимное влияние в LAN-кабелях //«Вестник связи», 2008, № 5. http://www.vestnik-sviaz.ru/t/e107_plugins/content/content.php?content.227). То есть сама система СКС исходно определяется как гарантированно надежная в смысле выполняемой ею функции обеспечения передачи цифровых потоков.

Что мешает распространить принципы, детально разработанные для СКС (жесткое нормирование электрических параметров кабеля при ограничении длины линии), на системы ШПД-хDSL? Этому мешает отсутствие «требований стандартов» к электрическим параметрам кабелей, определяющим передаточные характеристики и условия электромагнитной совместимости (ЭМС) цифровых линий.

В связи с реорганизацией отрасли «Связь» требования к электрическим характеристикам и условиям ЭМС цепей передачи, разработанные еще в середине 90-х годов и выраженные рядом отраслевых стандартов (ОСТ 45.36-97, ОСТ 45.81-97, ОСТ 45.82-96, ОСТ 45.169-2000), могут считаться недействительными, так как они не представлены в разделе «Нормативные документы» официального сайта Министерства связи и массовых коммуникаций России, являющемся официальным источником нормативной информации в отрасли «Связь» (см. <http://minkomsvyaz.ru/ministry/documents/>).

Недавно введенные приказом Минсвязи РФ № 46 от 19.04.2006 «Правила применения кабелей связи с металлическими жилами» (см. <http://minskomvyaz.ru/ministry/documents/1548/1723.shtml>) так определяют требования к электрическим характеристикам и условиям ЭМС цепей передачи: «Частотная характеристика собственного затухания кабеля, а также разбросы частотной характеристики собственного затухания кабеля

Таблица 1.

Диапазоны частот SHDSL, ADSL2+ и VDSL2

| Тип линии и источник сведений об алгоритме функционирования | Направление и метод передачи | Макс. скорость, кбит/с | Полосы частот передачи $F_0...F_1^{max}$, кГц | | | |
|---|------------------------------|------------------------|--|-------------|-------------|--------------|
| SHDSL G.991.2 http://www.itu.int/rec/T-REC-G.991.2/en | 16-ТСРАМ | 3840 | 5...641 | | | |
| | 32-ТСРАМ | 5696 | 5...713 | | | |
| SHDSL.bis http://www.nateks.ru/products/index.php?link=prod&id=206 | 4-ТСРАМ | 2560 | 5...1280 | | | |
| | 8-ТСРАМ | 5120 | | | | |
| | 16-ТСРАМ | 7680 | | | | |
| | 32-ТСРАМ | 10240 | | | | |
| | 64-ТСРАМ | 12800 | | | | |
| | 128-ТСРАМ | 15360 | | | | |
| ADSL G.992.1 Annex A. http://www.itu.int/rec/T-REC-G.992.1/en Без перекрытия спектров | Upstream, DMT | ≥600 | 26...138 | | | |
| | Downstream, DMT | ≥8000 | | 138...1104 | | |
| ADSL2+ G.992.5 Annex A. http://www.itu.int/rec/T-REC-G.992.5/en Без перекрытия спектров | Upstream, DMT | ≥900 | 26...138 | | | |
| | Downstream, DMT | ≥24000 | | 138...2208 | | |
| VDSL2 G.993.2 Annex B. http://www.itu.int/rec/T-REC-G.993.2/en Table B-1. План частот 998-1 | Upstream, DMT | ≥70000 | 26...138 | 3750...5200 | | 8500...12000 |
| | Downstream, DMT | ≥96000 | | 138...3750 | 5200...8500 | |
| Эффективная полоса для линии $l_{max}=2,9$ км при $D=0,4$ мм | | | 0...1800 | | | |

должны соответствовать требованиям системы передачи, в которой этот кабель используется. Характеристики взаимного влияния – коэффициенты емкостной асимметрии, переходное влияние между концами на ближнем конце и защищенность цепи на дальнем конце в заданном диапазоне частот – должны соответствовать требованиям системы передачи, в которой этот кабель используется» (См. п. 2.3.4. указанных Правил).

То есть формирование требований к кабелям связи для ШПД-xDSL официально отдано на усмотрение производителя кабеля и заказчика – оператора связи.

Анализ сведений, представленных на сайтах кабельных заводов, произведенный в феврале 2008 года с использованием данных ассоциации «Электрокабель» (см. www.elektrokabel.ru), позволяет выделить ряд предприятий, квалифицированно позиционирующих свою продукцию для использования в сетях ШПД-xDSL. Общим недостатком такого позиционирования является непосредственное использование спецификаций СКС при нормировании кабелей для современных цифровых линий, полосы частот которых представлены в таблице 1.

Хотя внедрение технологии VDSL2 отодвинуло верхнюю границу используемых для xDSL полос частот F_1^{max} к значению 12000 кГц, эффективная ширина полосы, реализуемая на линиях реальных сетей ШПД-xDSL, существенно ниже. Так, согласно п. 7.1.1. официально утратившего силу стандарта ОСТ 45.36-97 «Линии кабельные, воздушные и смешанные городских телефонных сетей. Нормы электрические эксплуатационные», предельное затухание абонентской линии на частоте 0,8 кГц не должно превышать 4,5 дБ.

Коэффициент затухания для кабеля с полиэтиленовой изоляцией жил, диаметр которых равен 0,4 мм, на частоте 0,8 кГц составляет 1,54 дБ/км, поэтому длина абонентской линии в Российской Федерации формально не должна превышать 4,5 дБ/1,54 дБ/км=2,9 км.

$$l_{max} = 2,9 \text{ км} \quad (1)$$

Как показали результаты испытаний приемопередатчиков ADSL, предельное затухание канала DMT, при котором еще обеспечивается эффективная передача, составляет ≈80 дБ. Этот предельный результат был получен при работе в кабеле одной цифровой линии ($m=1$) и при отсутствии помех¹. Таким образом, для линии с длиной 2,9 км предельное погонное затухание составит 80 дБ/2,9 км≈28 дБ/км, что для кабеля с жилами 0,4 мм соответствует эффективной частоте $F_1 \approx 1800$ кГц.

То есть диапазон частот, необходимый для применения современных xDSL на реальных сетях доступа, ограничен сверху и это ограничение составляет около 2 МГц.

Введенные же приказом Минсвязи РФ № 46 от 19.04.2006 Правила детально определяют требования для кабелей СКС. Так п. 2.3.5. Правил гласит: «Собственное затухание цепи, переходное затухание между цепями на ближнем конце, защищенность на дальнем конце, обратные потери кабелей СКС должны соответствовать значениям, приведенным в приложении к Правилам». В приложении действительно определены указанные характеристики для кабельного участка с длиной 100 м и в диапазоне частот 1...600 МГц.

1. Испытания ряда абонентских ADSL-устройств произведены представителями компаний ComPTek и Аналитик-ТС в 2005 году в испытательном центре Московской ГТС. Экспериментально-расчетным путем была определена спектральная плотность мощности (СПМ) собственных помех приемников, величина которой составила -138 дБм/Гц.

Нормирование переходных влияний

| Тип кабеля и источник данных (производитель, нормативный документ) | | Характеристики цифровой линии (тип системы передачи, диаметр жил, длина кабеля, кратность модуляции, количество взаимодействующих пар) или кабеля связи (макросразмер) | Нормы переходных влияний для номинальных значений частоты $f_x = 300$ кГц и длины $l_x = 1$ км | |
|---|---|--|--|--------------------------------------|
| | | | $NEXT(f_x)$, дБ | $ELFEXT(f_x, l_x)$, дБ |
| Требования к новым кабелям связи, применяемым совместно с различными системами передачи по правилам, введенным приказом Мининформсвязи РФ №46 от 19.04.2006 | | SHDSL.bis (128-ТСПАМ, 0,4 мм; $l_{K_{max}} = 1,5$ км; $K_{max} = 7$, $m = 10$) | 84 | - |
| | | ADSL2+ (downstream, 0,4 мм; $l_{K_{max}} = 1,2$ км; $K_{max} = 15$, $m = 10$) | - | 85 |
| | | VDSL2 (downstream, 0,4 мм; $l_{K_{max}} = 0,5$ км; $K_{max} = 15$, $m = 10$) | - | 96 |
| Требования к линии связи | ANSI T1.417-2001 | Для любых кабелей | 59 | 56 |
| | ITU-T L.19 | Для любых кабелей | 52 | 48 ² |
| Четверочный | ТППЭпЗ, «Одескабель» www.odeskabel.com/main-rus | (10...40)×4×(0,5...0,64) (1...10)×4×(0,5...0,64) | 98 | 63 в разных 4-ках 48 в одной 4-ке |
| | ТПВ-ЭЦ, «Одескабель» www.odeskabel.com/main-rus | (1...10)×4×(0,5...0,64) | 68...78 | 48 |
| | КСП, «Самарская кабельная компания» www.samaracable.ru | (1...2)×4×(0,9...1,2) | 68 | 53 |
| | КСП, «Беларускабель» www.belaruskabel.by/ru | (1...2)×4×(0,64...1,2) | 68...70 | 54 |
| | ТЦП, «Информсистема» www.informsystema.com | (2...4)×2×(0,52...0,9) ² | 68 | Нет данных |
| | Норма для линий связи | | 68 | 53 |
| | Витая пара | МВПЗПЭ-5, «Эликс-Кабель» www.elixcable.ru | (4...100)×2×(0,51...0,64) | 70 |
| ТНВ кат.«5», «Электрокабель» Кольчугинский завод www.elcable.ru | | (10...100)×2×0,51 | 70 | Нет данных |
| КМЦП, «Самарская кабельная компания» www.samaracable.ru | | (2...5)×2×(0,5...0,9) | 63 | 55 |
| КАПП, «Беларускабель» www.belaruskabel.by/ru | | (1...10)×2×(0,5...0,64) ³ | 59 | 46 |
| Норма для линий связи | | 63 | 55 | |
| Телефонный | КЦПП, «Самарская кабельная компания» www.samaracable.ru | (5...100)×2×(0,4...0,7) | 57 | 55 |
| | ТНВ кат.«3», «Электрокабель» Кольчугинский завод www.elcable.ru | (10...100)×2×0,51 | 49 | Нет данных |
| | Норма для линий связи | | 52 | 50 |

Таким образом, нормирование кабелей, в соответствии со спецификациями для СКС, но применяемых для ШПД-xDSL, избыточно на верхних частотах, но недостаточно детализировано на нижних частотах. Этот недостаток нормирования отсутствует в специализированных документах. Так, стандарт ANSI T1.417 – American National Standard for Telecommunications - Spectrum Management for Loop Transmission Systems. T1.417, January 2001 – детально определяет характеристики переходных влияний именно в диапазонах частот xDSL.

Законы изменения норм переходного затухания на ближнем конце $NEXT(f, m)$ и защищенности от переходных помех на дальнем конце $ELFEXT(f, m, l)$, заимствованные из стандарта ANSI T1.417 и выраженные в «дБ», могут быть представлены в виде:

$$NEXT(f, m) = NEXT(f_x) - 6 \cdot \lg(m-1) - 15 \cdot \lg(f/f_x) \quad (2)$$

$$ELFEXT(f, m, l) = ELFEXT(f_x, l_x) - 6 \cdot \lg(m-1) - 20 \cdot \lg(f/f_x) - 10 \cdot \lg(l/l_x) \quad (3)$$

Здесь f – частота в «кГц»;

2. Норма задана без указания длины линии.

3. Парные кабели отнесены в группу четверочных на основании общности области применения.

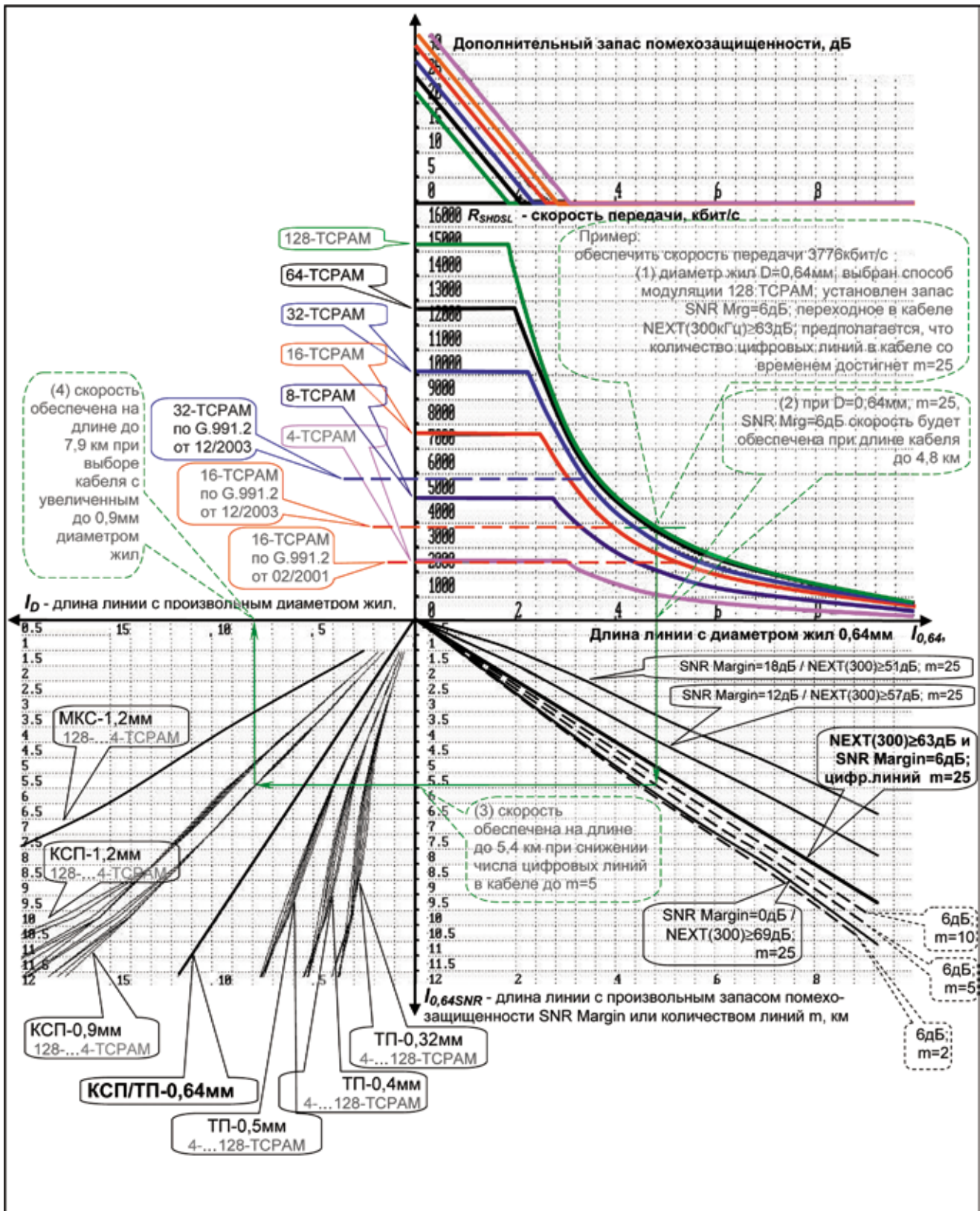


Рис. 1. Номограмма скоростных характеристик SHDSL

m – количество взаимодействующих пар при условии работы всех цифровых линий в одном и том же режиме ($m > 1$);

l – длина кабеля в «км»;

$$f_x = 300 \text{ кГц} - \text{номинальная частота}^4,$$

4. Одним из наиболее употребительных значений измерительных частот, принятых при определении условий испытаний xDSL, в частотности в рекомендациях ITU-T G.99x.x, является значение, равное 300 кГц, которое перекрывается полосами частот приемопередатчиков xDSL – см. таблицу 1.

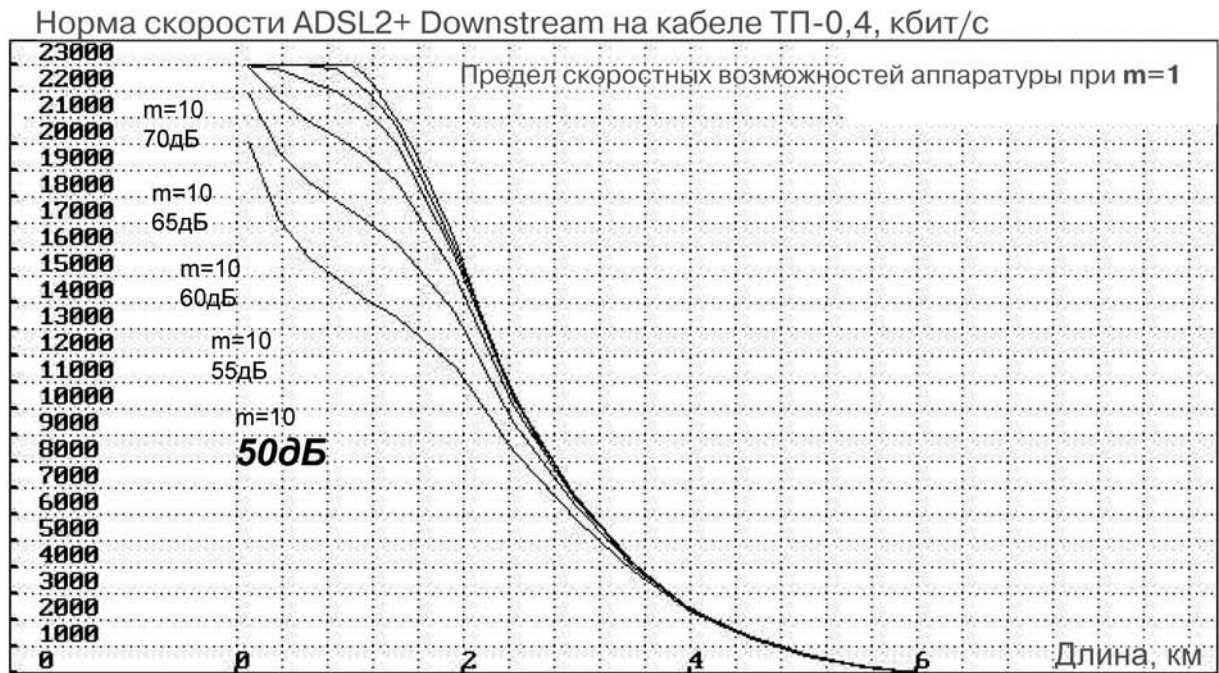


Рис. 2. Скоростные характеристики ADSL2+ на кабеле ТП-0,4 мм при $m=10$, $ELFEXT_{norm}(300кГц, m=2, 1км)=50...70$ дБ, SNR Margin=6 дБ

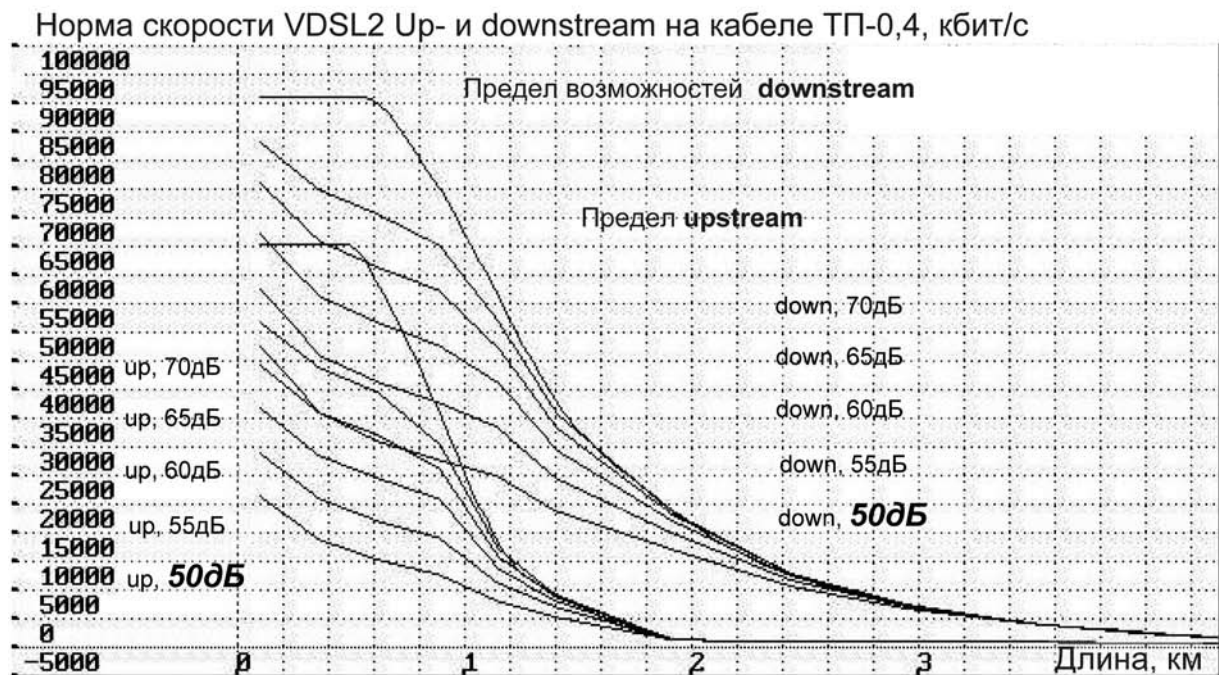


Рис. 3. Скоростные характеристики VDSL2 downstream на кабеле ТП-0,4 мм при $m=10$, $ELFEXT_{norm}(300кГц, m=2, 1км)=50...70$ дБ, SNR Margin=6 дБ

$l_x = 1$ км – номинальная длина кабеля,
 $NEXT(f_x)$ – норма затухания на ближнем конце ($m=2$),

$ELFEXT(f_x, l_x)$ – норма защищенности на дальнем конце ($m=2$).

Использование моделей цифровых линий позволяет вычислить скорость передачи исходя из помехозащищенности сигнала на входе приемника (см. Кочеров А.В. Ограничение скоростного потенциала асимметричной цифровой абонентской линии элект-

рическими характеристиками медных кабелей // Электросвязь, 2004, № 11; Кочеров А.В. Расчет скоростного потенциала SHDSL // Электросвязь, 2008, № 6. http://www.analytic.ru/telecom_articles.html). Модели позволяют определить требования к переходным влияниям в кабелях связи исходя из обеспечения максимальной скорости передачи. Заметим, что такая идеология следует из положения п. 2.3.4. действующих Правил применения кабелей.



Рис. 4. Изменение вероятности соответствия скорости ADSL2+ заданному значению в зависимости от длины линии

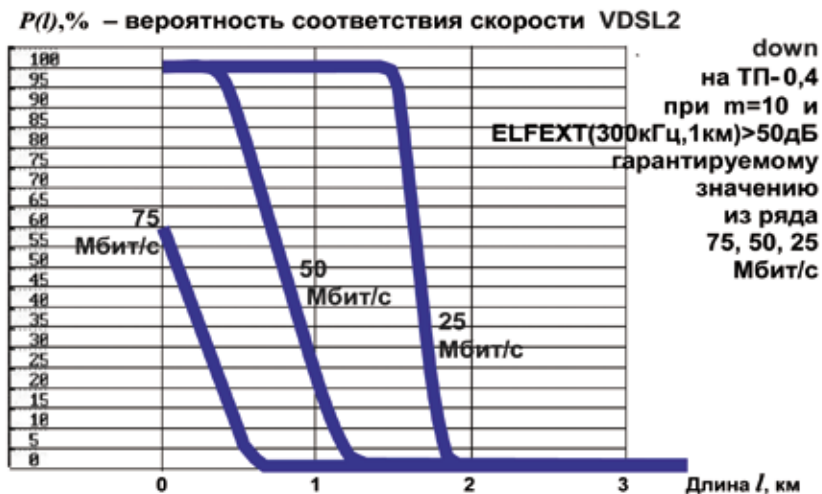


Рис. 5. Изменение вероятности соответствия скорости VDSL2 заданному значению в зависимости от длины линии

Скорость цифровых линий определяется реализуемой чувствительностью приемника и необходимой помехозащищенностью, зависимой от актуальной кратности модуляции, заданного запаса помехозащищенности и запаса «неидеальности приемника». Значит, в том случае когда переходными влияниями можно пренебречь (работе цифровой линии ничто не мешает, так как цифровая линия в кабеле одна – $m=1$), предел скорости зависит от рабочего затухания, то есть от типа кабеля (материала жильной изоляции и диаметра жил D) и от его длины l .

Для значений длины кабеля $l_{K_{\max}}$, при которой еще обеспечивается работа приемопередатчиков на максимально возможной скорости, определяемой предельной кратностью модуляции K_{\max} , требования к переходным влияниям представлены в таблице 2.

В той же таблице приведены требования к нормам переходных влияний, определенные по данным:

- стандарта ANSI T1.417 для линий связи;

- рекомендации ITU-T L.19 для линий связи;
- заводов-изготовителей кабелей связи с приведением норм из диапазона частот, принятых для СКС, к номинальной частоте f_x и номинальной длине l_x с применением выражений (2) и (3).

Сопоставление представленных данных показывает, что достигнутый в современных образцах кабеля уровень ограничения переходных влияний не позволяет полностью поддержать возможности, обеспечиваемые современными же приемопередатчиками цифровых абонентских линий. Исключение составляет кабельная продукция ОАО «Одескабель», революционные характеристики которой позволяют полностью утилизировать возможности цифровых линий SHDSL.bis.

Таким образом, формальное следование указанию, содержащемуся в действующих правилах применения кабелей, не может быть реализовано в полной мере и вынуждает вырабатывать компромиссные решения.

Таблица 3.

Нормы погонных параметров пар, определяющие эксплуатационную надежность сетей ШПД-xDSL

| Параметр пары | ТП-0,32 | ТП-0,4 | ТП-0,5 | ТП-0,64, КСП-0,64 | КСП-0,9 | КСП-1,2 | МКС-1,2 |
|---|--|--------|--------|----------------------|------------------------------------|---------|---|
| Скорость распространения сигнала в кабеле при рефлектометрических измерениях ⁵ , м/мкс | 96,7 | 99,9 | 101,1 | 100,4 | 100,5 | 99,9 | 125,2 |
| Погонное затухание на 300 кГц, дБ/км | 17,6 | 12,9 | 9,9 | 7,23 | 5,0 | 4,4 | 2,912 |
| Погонное сопротивление не более, Ом/км | 460 | 296 | 192 | 126 | 56 | 32 | 32 |
| Погонная емкость не более, нФ/км | 60 | 56 | 56 | 56 | 56 | 56 | 24,5 |
| Сопротивление изоляции не менее, МОм/км | 5000 | | | | | | 10000 |
| Источник сведений | А.С. Брискер. Городские телефонные кабели | | | | Ю.А. Парфенов. Кабели электросвязи | | А.С. Воронцов. Коаксиальные и высокочастотные симметричные кабели связи |
| | Правила применения кабелей связи с металлическими жилами. Приказ Минсвязи РФ №46 от 19.04.2006 | | | | | | |

Таблица 4.

Нормы характеристик ЭМС пар, определяющие эксплуатационную надежность сетей ШПД-xDSL

| Параметр ЭМС | Норма | Источник сведений |
|--|-------|-------------------|
| Затухание асимметрии не менее, дБ | 40 | ITU-T L.19 |
| Затухание отражения (несогласованности) не менее, дБ | 16 | ITU-T L.19 |
| Переходное затухание на ближнем конце $NEXT(f_x)$ при $f_x = 300$ кГц не менее, дБ | 59 | ANSI T1.417-2001 |
| | 52 | ITU-T L.19 |
| Защищенность от переходных помех на дальнем конце при $f_x = 300$ кГц и $l_x = 1$ км не менее, дБ $ELFEXT(f_x, l_x)$ | 56 | ANSI T1.417-2001 |
| | 48 | ITU-T L.19 |

Компромисс может быть достигнут при учете следующих обстоятельств:

- с одной стороны, должны быть учтены возможности приемопередатчиков современных цифровых линий (реализуемость этого стремления подтверждают рекордные показатели кабельной продукции лидеров отрасли),
- с другой стороны, приемосдаточные нормы для серийной продукции должны учитывать технологический уровень большинства заводов.

В графах «Норма для линий связи» таблицы 2 представлены именно такие требования, учитывающие достигнутые показатели отечественной продукции, национальные нормы ведущей телекоммуникационной державы (ANSI) и рекомендации Международного союза электросвязи (ITU-T).

Теперь, вооружившись компромиссными нормами переходных влияний, моделями помехозащищенности приемопередатчиков и статистическими моделями протекания частотных характеристик переходных влияний,

можно осуществить расчет разброса скоростных характеристик современных цифровых линий.

Результаты расчета скорости SHDSL могут быть представлены в виде номограммы (см. рисунок 1), позволяющей осуществить определение скорости цифровой линии на кабелях различных типов в зависимости от диаметра жил D , длины кабеля l , количества цифровых линий в кабеле m и нормы переходного затухания $NEXT(300)$, определяющей качество кабеля и его монтажа.

Для линий ADSL2+ и VDSL2 указать подобные номограммы затруднительно, но типовые скоростные характеристики легко выразить в графической форме (см. рисунки 2 и 3).

Помимо собственно скоростных характеристик для проектирования сетей ШПД-xDSL, представляет интерес изменение вероятности соответствия скорости доступа заданному значению в зависимости от длины кабеля (см. рисунки 4 и 5). Изменение вероятности от 100 до 0% соответствует разбросу скорости, реализуемому в

5. Скорость при выполнении рефлектометрических измерений равна половине скорости распространения сигнала. Скорость для кабелей со сплошной полиэтиленовой изоляцией может быть выбрана равной 100 м/мкс.

Таблица 5.

Кабельные дефекты, их проявление и диагностика

| Наименование дефекта | Влияние на работоспособность цифровой линии | Диагностика | |
|------------------------------------|---|--|---|
| | | Одним анализатором | Двумя анализаторами |
| Ненадежные контакты в соединителях | Микроперерывы связи могут полностью разрушить xDSL-соединение. Возникновение микроперерывов часто вызывается внешними кратковременными вибрациями | Сопоставление текущей рефлектограммы с эталонной. Мониторинг текущей ошибки сопоставления | Счет и мониторинг микроперерывов, регистрируемых с применением гармонического сигнала |
| Нагрузочные катушки | Катушки Пупина полностью блокируют xDSL за счет внесения чрезмерного затухания. Однако наличие катушек обычно не приводит к изменению традиционно контролируемых параметров: сопротивление изоляции, сопротивление шлейфа, емкость пары | Несоответствие ЧХ затухания несогласованности нормам диагностирует наличие неоднородности в линии. Анализ рефлектограммы позволяет определить местоположение неоднородности. Нарушение нормы ЧХ затухания асимметрии свидетельствует об уменьшении переходного затухания. Несоответствие электрических параметров пары (емкость, сопротивление шлейфа, затухание и задержка распространения сигнала) друг другу и учетной длине кабеля | Анализ ЧХ затухания линии – наличие катушек – приводит к резкому росту ЧХ рабочего затухания на частотах выше 4 кГц |
| Отводы | Наличие несогласованного отвода повышает затухание, снижает защищенность и приводит к снижению скорости передачи на 10...20% и более | | Периодическая неравномерность ЧХ затухания линии подтверждает наличие отражений |
| «Расщепление пар» | Ошибки монтажа, приводящие к «расщеплению пар», способствуют катастрофическому увеличению переходных влияний | | Анализ ЧХ затухания линии – локальный всплеск затухания – подтверждает наличие «расщепления пары» |
| «Замокание» кабеля | «Замокание» кабеля, помимо снижения сопротивления изоляции, способствует росту емкости пары, рабочего затухания и переходных влияний | | Анализ ЧХ затухания линии – затухание на контрольной частоте – превышает норму |

зависимости от случайного протекания ЧХ защищенности от переходных влияний на дальнем конце.

Здесь уместно сделать замечание, что для абонентских линий, соответствующих требованию (1), гарантируется скорость доступа, равная 6 Мбит/с (см. рисунок 4). Таким образом, выполнение норм, заложенных еще для телефонных сетей (см. ОСТ 45.36-97), и нормирование переходных влияний (см. таблицу 2) способно обеспечить весьма достойный уровень проникновения услуг, основанных на современных технологиях.

Приведенные соображения и проделанные расчеты относятся к контролируемым характеристикам цифровых линий, то есть к характеристикам, которые могут быть рассчитаны и для которых могут быть определены коэффициенты влияния (см. Кочеров А.В., Хвостов Д.В. ADSL2+ и VDSL2. Нормирование и управление эксплуа-

тационной надежностью сети ШПД // «Вестник связи», 2008, № 4, С.12-21). Например:

- модель помехозащищенности ADSL, ADSL2+ и VDSL2 позволяет утверждать, что скорость передачи увеличивается соответственно на 900, 1920 и 6400 кбит/с при увеличении защищенности на 3 дБ;

- та же модель показывает, что при подключении к линии несогласованного отвода с длиной 100...400 м, уровень интерференционных помех повышается на 3...6 дБ, что приводит к соответствующему (см. выше) снижению скорости передачи.

То есть расчет скоростных характеристик цифровых линий может быть произведен только для исправных кабелей, а исправность кабеля предполагает соответствие характеристик кабелей нормам.

Для кабельных линий связи, используемых при построении сетей ШПД-xDSL, в таблицах 3 и 4 приве-

АНАЛИТИК

Анализатор цифровых каналов и трактов AnCom E-9
 Двухканальный, G.821 / G.826 / M.2100

Анализатор AnCom A-7
 Измерительная технология xDSL Годность Пары
 ADSL, ADSL2, ADSL2+, HDSL, SHDSL, SHDSLbis,...

Индустриальные модемы AnCom

125424, Москва, Волоколамское шоссе, 73 Тел./факс (495)775-6011 www.analytic.ru info@analytic.ru На правах рекламы

Совместим с AnCom TDA-5
 Стресс-тестирование, джиттер, форма импульса
 Анализ спектра, рефлектометр, графики, хронограммы, отчеты, протокол

Цифровые линии
 Измерение скорости одним или двумя приборами
 Автоматическое нормирование по встроенным моделям
 Система норм на основе отраслевых стандартов и рекомендаций ITU-T

Кабели связи
 Контроль частотных характеристик и спектров помех
 Мониторинг скорости, помех, перерывов

ST – высокая помехоустойчивость
 STF – адаптированный V.34
 RM – проводной (V.34) / беспроводной (GSM/GPRS)

На правах рекламы

Возможности отбора пар для ШПД-хDSL по условиям ЭМС

| Наименование контролируемого условия ЭМС | Метод измерений | Диагностика | |
|---|--|---|--|
| | | Одним анализатором | Двумя анализаторами |
| Скоростной потенциал пар, выбранных для установки SHDSL, SHDSL.bis, ADSL, ADSL2, ADSL2+ | Скоростной потенциал сопоставляется с нормами, оперативно определяемыми на основании измеренной длины кабеля | По спектру помех в точке установки анализатора и ЧХ затухания линии, измеренной по сигналу отражения от обрыва на удаленном конце | По ЧХ защищенности сигнала от удаленного генератора. Возможен мониторинг скорости |
| Переходные влияния в кабелях и ЛКС | Применение многочастотного сигнала (МЧС) позволяет измерить ЧХ переходных влияний одновременно в полосе частот цифровой линии. Результат сопоставляется с нормами | По ЧХ переходного затухания на ближнем конце -NEXT | По ЧХ защищенности на дальнем конце - ELFEXT |
| Спектры предельно допустимых помех на окончаниях пар | При отключении пары от оконечного оборудования (DSLAM'а): контроль переходных влияний собственно в кабеле связи | По спектру помех на ближнем конце. Норма спектра определяется в зависимости от типа цифровой линии | По спектру на дальнем конце. Норма спектра зависит от длины кабеля и типа цифровой линии |
| | При подключении пары к оконечному оборудованию (DSLAM'у): контроль дополнительного влияния помех от стационарного оборудования (помехи продольно-поперечного преобразования, возникающие из-за неверного заземления стационарного оборудования и недостаточной симметрии пары) | | |
| Уровень кратковременных всплесков помех в полосе частот цифровых линий | Уровень всплесков помех не должен превосходить усредненный уровень помех более чем на 6...12 дБ | По результатам мониторинга помех на ближнем конце | По результатам мониторинга помех на дальнем конце |
| Стабильность уровня усредненных помех | Различие между максимальным и минимальным уровнем не должно превосходить 3...6 дБ | | |

дены требования, основанные на сведениях из следующих нормативных документов:

- ANSI T1.417-2001. American National Standard for Telecommunications - Spectrum Management for Loop Transmission Systems. T1.417, January 2001;
- ITU-T L.19. Multi-pair copper network cable supporting shared multiple services such as POTS, ISDN and xDSL. ITU-T 11/2003 (Многопарные медные сетевые кабели, обеспечивающие одновременную работу

нескольких служб, таких, как POTS, ISDN и xDSL) <http://www.itu.int/rec/T-REC-L.19-200311-I/en>;

- Правила применения кабелей связи с металлическими жилами. Введены приказом Минсвязи РФ № 46 от 19.04.2006 <http://minsvyaz.ru/ministry/documents/1548/1723.shtml>;
- А.С. Брискер и др. Городские телефонные кабели. Справочник. -Москва: «Радио и связь», 1991;

1 Соответствие длине электрических параметров кабеля

ПСС - Результаты измерений

| Параметр | Значение | Норма снизу | Норма сверху |
|------------------------------|----------|-------------|--------------|
| Длина Линии, м | 1710.5 | >=1600 | <=1800 |
| Диаметр Жилы, мм | 0.5 | >=0.5 | <=0.51 |
| Погон. Затух(300 кГц), дБ/км | 10.2 | >=9.4 | <=11.4 |
| Погон. Сопрот., Ом/км | 175.2 | >=171 | <=207 |
| Погон. Емкость, нФ/км | 45.2 | >=42.8 | <=59.9 |
| ADSL_dn, кбит/с | 7616 | | |
| ADSL_dn% | 109.7 | >=100 | |
| ADSL2p_dn, кбит/с | 10592 | | |
| ADSL2p_dn% | 106.1 | >=100 | |
| SHDSL_bis, кбит/с | 5695 | | |
| SHDSL_bis% | 167.9 | >=100 | |

АНАЛИЗАТОР AnCom A-7
измеряет параметры пары:
▲ Одновременно ▲ Одним прибором ▲ Одной кнопкой

Рис. 6. Проверка погонных параметров и скоростного потенциала кабеля



Рис. 7. Контроль и анализ источников помех на станционной стороне



Рис. 8. Контроль помех в распределительном шкафу, в распределительной коробке или на абонентском окончании в зависимости от длины кабеля

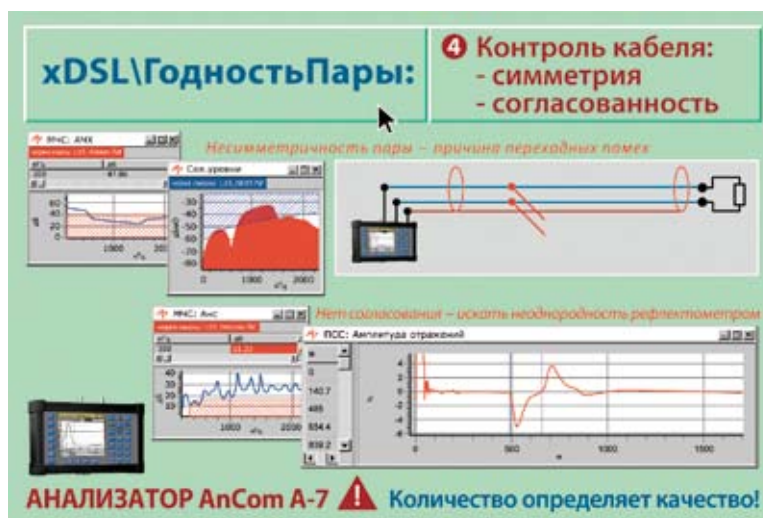


Рис. 9. Контроль переходных характеристик кабеля и однородности линии

– А.С. Воронцов и др. Коаксиальные и высоко-частотные симметричные кабели связи. Справочник. – Москва: «Радио и связь», 1994;

– Ю.А. Парфенов. Кабели электросвязи. – Москва: «Экотрендз», 2003.

Существенно неприятнее обстоит дело с нерасчетными влияниями, проявляющимися при наличии кабельных дефектов, перечень которых приведен в таблице 5.

Эти дефекты должны быть устранены путем

- заполнения кабелей гидрофобом;
- заменой скруток жил и плинтов «под винт» на современные соединители с врезными герметизируемыми контактами;
- перемонтированием дефектных муфт;
- прочими мероприятиями.

Если же выполнение ремонта кабельной линии не может быть произведено, то пары с описанными дефектами не должны использоваться в сетях ШПД-xDSL⁶.

Дополнительный отбор пар для сетей ШПД-xDSL производится по параметрам ЭМС в соответствии с необходимыми инструментальными возможностями, представленными в таблице 6.

Перечисленные измерительные задачи решаются анализатором систем передачи и кабелей связи AnCom A-7 в рамках поддерживаемой им измерительной технологии «xDSL\ГодностьПары» (см. рисунки 6...9), которая позволяет:

- применить один анализатор для выполнения большинства измерений;
- использовать два анализатора (режим «ведущий-ведомый») для прецизионных измерений и мониторинга влияния помех и перерывов;
- запускать измерения «одной кнопкой» (загрузка предустановленных конфигураций и сценариев, вклю-

ченных в комплект поставки), что защищает пользователя от необходимости выполнения самостоятельной, действительно сложной настройки измерительного процесса;

- подключать к анализатору компьютер (ноутбук) для оперативного управления анализатором, сохранения и печати результатов.

Итак, свойства приемопередатчиков изучены, критерии исправности кабелей определены, сеть ШПД-xDSL нормирована по скорости, условия ЭМС цифровых линий проанализированы, средство измерений и мониторинга доступно. Располагая этой «суммой технологий», можно управлять эксплуатационной надежностью сетей ШПД-xDSL, во всяком случае, в том понимании, которое соответствует идеологии Министерства по чрезвычайным ситуациям, весь смысл существования которого заключается не в борьбе, а в предотвращении чрезвычайных ситуаций.

Применительно к сетям ШПД-xDSL такой недопустимой чрезвычайной ситуацией является конфликт ЭМС цифровых линий и падение скорости доступа при росте числа абонентов сети. **Управление эксплуатационной надежностью сетей ШПД-xDSL и заключается в обеспечении максимально возможной скорости при гарантированном отсутствии конфликтов, обеспечением чего является нормирование и контроль перечисленных в статье параметров.**

Приложение.

Контрольные вопросы

| N п/п | Контрольный вопрос | | | Лимит оценки ответа в баллах |
|----------|---|------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| 1 | Мероприятия, определяющие эксплуатационную надежность технических систем | | | 6 |
| 2 | Мероприятия, определяющие эксплуатационную надежность сетей ШПД-xDSL | | | 10 |
| 3 | Что является официальным источником нормативной информации в отрасли «Связь» | | | 4 |
| 4 | Нормативные и иные документы, регламентирующие критические при построении сетей ШПД-xDSL характеристики кабелей связи | | | 4 |
| 5 | Нормативные и иные документы, регламентирующие построение сетей ШПД-xDSL в России | | | 10 |
| 6 | Какие характеристики кабелей определяют эксплуатационную надежность сетей ШПД-xDSL | | | 6 |
| 7 | Каковы диапазоны частот и максимальные скорости передачи современных приемопередатчиков xDSL | | | 6 |
| | Тип линии | Макс. скорость, кбит/с | Макс. частота, кГц | |
| | | | | |
| | | | | |

6. Желательно, чтобы выявленные дефектные пары были бы вовсе выведены из эксплуатации, то есть они не должны использоваться даже для обеспечения традиционного телефонного доступа.

| | | |
|--------------|---|-----|
| 8 | Каков вид законов изменения норм переходного затухания на ближнем конце и защищенности от переходных помех на дальнем конце | 4 |
| 9 | Каковы требования к переходным влияниям со стороны современных xDSL | 4 |
| 10 | На какой основе формируются компромиссные требования к кабельной продукции для xDSL | 8 |
| 11 | Определить норму скорости на кабеле с жилами 0,5 мм, длиной 3,0 км, при запасе помехозащищенности 6 дБ и включении в каждый 10-парный пучок 10-ти линий SHDSL.bis 32-ТСПАМ | 3 |
| 12 | Определить норму скорости на кабеле с жилами 0,9 мм, длиной 11,0 км, при запасе помехозащищенности 6 дБ и включении в каждый 10-парный пучок 2-х линий SHDSL.bis 16-ТСПАМ | 3 |
| 13 | Определить понятие исправности многопарного кабеля | 6 |
| 14 | Определить радиус зоны гарантированного обслуживания на скорости 12 Мбит/с при заполнении исправных многопарных кабелей 10-парной пучковой скрутки (жила 0,4 мм) цифровыми линиями ADSL2+ на 100% | 3 |
| 15 | Определить радиус зоны гарантированного обслуживания на скорости 8 Мбит/с при заполнении исправных многопарных кабелей 10-парной пучковой скрутки (жила 0,4 мм) цифровыми линиями ADSL2+ на 100% | 3 |
| 16 | Определить радиус зоны гарантированного обслуживания на скорости 32 Мбит/с при заполнении исправных многопарных кабелей 10-парной пучковой скрутки (жила 0,4 мм) цифровыми линиями VDSL2 на 100% | 3 |
| 17 | Определить радиус зоны гарантированного обслуживания на скорости 50 Мбит/с при заполнении исправных многопарных кабелей 10-парной пучковой скрутки (жила 0,4 мм) цифровыми линиями VDSL2 на 100% | 3 |
| 18 | Определить радиус зоны гарантированного обслуживания на скорости 75 Мбит/с при заполнении исправных многопарных кабелей 10-парной пучковой скрутки (жила 0,4 мм) цифровыми линиями VDSL2 на 100% | 3 |
| 19 | Как влияет снижение защищенности принимаемого сигнала в «дБ» на скорость ADSL в «кбит/с» | 3 |
| 20 | Как влияет снижение защищенности принимаемого сигнала в «дБ» на скорость ADSL2+ в «кбит/с» | 3 |
| 21 | Как влияет снижение защищенности принимаемого сигнала в «дБ» на скорость VDSL2 в «кбит/с» | 3 |
| 22 | В работах каких авторов и в каких изданиях (журналах) наиболее подробно освещаются вопросы обеспечения эксплуатационной надежности сетей ШПД-xDSL | 1 |
| 23 | Какие средства измерений наиболее полно обеспечивают контроль исправности кабеля и условий ЭМС цифровых линий в сетях ШПД-xDSL | 1 |
| Всего баллов | | 100 |