

8. Модернизация телекоммуникационных сетей. Реконструкция линий связи, построенных на базе металлических кабелей, на базе технологий xDSL

Анализ проблем и стратегия модернизации

Вопросы модернизации телекоммуникационных сетей особенно актуальны для сетей связи России, на которых имеется огромное количество линий, построенных на базе симметричных медных кабелей. В настоящее время на этих линиях большей частью используется устаревшая аппаратура ЦСП, а на многих линиях – даже аналоговые системы передачи.

Реконструкция действующей линии связи, которая уже обеспечивает потребителей определённым комплексом услуг, может быть связана с временной потерей этих услуг. Поэтому вопросы целесообразности реконструкции требуют тщательного анализа, а успешная модернизация возможна только при организации целого ряда мероприятий по замене оборудования, реконструкции линейно-кабельных сооружений, организации контроля качественных показателей и т. п.

Учитывая эти соображения, можно предположить, что наиболее вероятна реализация двух вариантов реконструкции.

Первый из них заключается в радикальной перестройке линии путём **замены металлического кабеля волоконно-оптическим**, что, в свою очередь, требует реконструкции оборудования окончания линейного тракта.

При этом за редким исключением, отпадает необходимость в размещении на линии необслуживаемых регенерационных пунктов в силу того, что длина регенерационного участка ВОЛС лежит в пределах от 50 км до 250 км в зависимости от марки используемого кабеля и типов электронно-оптических и опто-электронных преобразователей. Соответственно, отпадает необходимость в организации дистанционного электропитания промежуточного оборудования. Радикально меняются принципы организации телеконтроля линии. Решающим фактором, определяющим выбор варианта модернизации, является его экономическая эффективность. В настоящее время стоимость волоконно-оптических кабелей достаточно высока. Технология их монтажа требует использования дорогой и сложной в обслуживании аппаратуры сварки волокон, а также высокотехнологичного комплекса подготовительных операций и последующих работ по монтажу оптических муфт. Тем более что на существующих магистральных, зонавых и местных сетях связи проложены сотни тысяч километров металлических кабелей. Их замена на волоконно-оптические кабели требует огромных затрат средств и времени.

В ряде случаев целесообразно выбрать более экономичный вариант **переоборудования линии на существующем металлическом кабеле** с целью сохранения или улучшения её качественных показателей. Наилучшие результаты даёт реконструкция линии, основанная на использовании одного из видов технологии DSL

Одним из основных и очевидных преимуществ внедрения технологий DSL является возможность использования существующих медных абонентских линий для предоставления пользователям не только традиционной телефонной связи, но и высокоскоростной цифровой информации. В то же время, реализация этих

преимуществ возможна только тогда, когда находящаяся в настоящее время в эксплуатации кабельная телефонная сеть будет отвечать целому ряду специфических требований к её качественным показателям.

Необходимым условием проведения переоборудования или ремонта является **анализ состояния линии** с целью выявления тех её качественных показателей, которые, с одной стороны, ограничивают частотный диапазон (и, соответственно, скорость) передаваемых сигналов, а с другой – препятствуют устойчивой работе системы передачи. Другими словами, необходимо, во-первых, произвести измерения основных первичных и вторичных параметров кабеля и сравнить полученные результаты со справочными данными для выявления потенциальных возможностей данной конкретной линии. Во-вторых, необходимо найти дефекты и аномалии кабеля, локализовать их и оценить, насколько они ограничивают возможности передачи цифрового сигнала. В-третьих, необходимо качественно и количественно оценить электромагнитную обстановку, то есть выявить источники воздействующих на линию помех и оценить возможности их минимизации.

Наиболее перспективным направлением внедрения новых цифровых технологий является **модернизация существующих абонентских линий**.

Несмотря на широкое внедрение структурированных кабельных сетей, объединяющих как волоконно-оптические, так и металлические кабельные линии, первоочередной остаётся задача рационального использования существующих медных телефонных линий для организации **цифрового абонентского доступа**. Именно поэтому на первый план модернизации сетей доступа выходят технологии DSL, позволяющие не создавать новую инфраструктуру сети, а вполне успешно использовать уже существующую. Не требует доказательств утверждение, что использование существующей кабельной сети для высокоскоростной передачи цифровой информации является одним из основных преимуществ технологий DSL.

Вообще, наверное, уже пора признать тот факт, что первые цифровые линии, длина регенерационных участков которых была значительно меньше длин усилительных участков АСП, а пропускная способность зачастую ниже, чем у АСП аналогичного класса, были экономически невыгодны. Но их разработка и внедрение проложили пути к использованию технологий передачи DSL, гибких мультиплексоров и новых видов цифровой модуляции (АДИКМ), что в целом позволило в настоящее время добиться высокой экономической эффективности цифровой передачи и расширить номенклатуру услуг отрасли.

Оптимальным вариантом экономичной и быстрой реконструкции многих из **соединительных линий сельских сетей** (СТС) является использование технологии xDSL. Причём основным принципом этой реконструкции должно быть увеличение или, в отдельных случаях, сохранение длин усилительных или регенерационных участков реконструируемых линий передачи.

В этом случае длина регенерационного участка при работе по симметричным кабелям с диаметром жилы 1,2 мм и построении линии по однокабельной схеме может быть увеличена до 20 км при условии рационального выбора нужной технологии.

В европейской части России расстояние между населёнными пунктами редко превышает 15 км, поэтому увеличение длины регенерационного участка до указанной величины позволяет коренным образом изменить концепцию построения СТС. Модернизированные линии в большинстве случаев не требуют использования НРП, расположенных в заглублённых в грунт или установленных на опорах контейнерах. Аппаратура промежуточных станций при этом будет состоять главным образом из гибких мультиплексоров, работающих в режиме ввода и выделения каналов, включающих в себя также регенераторы группового сигнала. Это оборудование

можно размещать в отапливаемых и охраняемых помещениях, вместе с оборудованием АТС. В случае использования ЭАТС, входящие и исходящие потоки 2048 или, в отдельных случаях, 1024 кбит/с через преобразователи, формирующие сигналы 2B1Q, CAP или TSPAM-16. можно будет передавать непосредственно с блоков соединительных линий базовой ЭАТС к выносным периферийным коммутационным станциям. Необходимо также учитывать фактор высокой аварийности существующих НРП, что, в свою очередь, ведёт к существенному увеличению расходов на ремонтно-восстановительные работы. Поэтому вариант построения сети без НРП позволит значительно уменьшить величину капитальных затрат на оборудование линий, кроме того, снизятся эксплуатационные расходы, увеличится надёжность оборудования и упростится его техническая эксплуатация.

Одним из перспективных путей реконструкции существующих субпервичных сельских ЦСП является увеличение их пропускной способности, расширение номенклатуры услуг и повышение качества передачи, которое может производиться без увеличения длины регенерационных участков и реконструкции линейно-кабельных сооружений. В этом случае целесообразно произвести замену субпервичного каналообразующего оборудования на стандартную аппаратуру ИКМ-30 или аппаратуру гибкого мультиплексирования, использовать для уплотнения кабельных линий сравнительно несложную и недорогую технологию HDSL, поскольку длины регенерационных участков линии HDSL на кабеле КСПП с диаметром жилы 1,2 мм не превышают 7,5 км. В результате такой реконструкции не только увеличится раза пропускная способность линий, но и существенно улучшится качество передачи цифровых сигналов.

Значительная часть линий передачи симметричных кабелей *внутризоновых и магистральной сетей* сохраняет инфраструктуру аналоговой аппаратуры К-60П или её модификаций. Номинальная длина усилительного участка АСП при двухкабельном режиме работы в зависимости от типа кабеля лежит в пределах 17...20 км; при однокабельном режиме работы номинальная длина усилительного участка линий передачи К-60П составляет 10 км. Использование технологий DSL позволит с минимальными затратами проводить замену существующих АСП на ЦСП и при этом устанавливать регенераторы в существующих помещениях НУП, исключив необходимость строительно-монтажных работ на кабеле, связанных с установкой новых промежуточных станций.

Существенной особенностью линий передачи внутризоновых первичных сетей является то, что в настоящее время пары симметричных кабелей задействованы полностью только в 33% случаев, наполовину в 50% случаев и на 25% в 17% случаев. Это создаёт предпосылки использования DSL и других цифровых технологий для уплотнения свободных пар действующих кабельных линий внутризоновых сетей.

Конечно, следует учитывать, что замена АСП на ЦСП в ряде случаев связана с уменьшением пропускной способности линии передачи. Однако это уменьшение можно компенсировать применением более совершенных цифровых методов обработки сигналов, например, использованием модификаций АДИКМ, а также аппаратуры размножения цифровых каналов (Digital circuit multiplication system - DCMS), обеспечивающей компрессию речи и факс-модемных сообщений.

Перечисляя многочисленные достоинства технологий DSL, не следует забывать и о тех трудностях, с которыми неизбежно придётся встретиться в процессе их внедрения. На пути освоения новых технологий лежат два основных препятствия. Первое – это свойства самих кабельных линий, к сожалению, весьма далёких от идеала. Второе, и очень серьёзное, это сложность структуры цифровых сигналов и то, что приходится уходить в сравнительно высокочастотные области спектра. Отсюда вытекают сложности обеспечения электромагнитной совместимости этих систем и обеспечения необходимой помехозащищённости.

Модернизация соединительных и абонентских линий на базе технологий DSL.

Факторы, определяющие возможность передачи цифровой информации по абонентским и соединительным линиям ТфОП.

Способность **витых пар медных проводов** передавать информационные сигналы (телефонные, видео, ПДИ) зависит от физических параметров этих проводов, в частности, от сечения, и от длины телефонной линии. Очевидно, что чем меньше сечение проводов и чем длиннее линия, тем большее затухание претерпевает передаваемый по этой линии электрический сигнал. Кроме того, затухание сигнала возрастает с повышением его частоты. Для того чтобы двухпроводные абонентские телефонные линии представляли собой высококачественный тракт передачи сигналов хотя бы для традиционной телефонной связи, они должны отвечать определенным условиям. Длина абонентских телефонных линий не должна превышать определенного предела, что позволяет им соответствовать установленным требованиям к величине затухания. Линия должна иметь равномерный импеданс по всей своей длине. Для предотвращения проникновения в линию помех от внешних источников, а также появления шумов и перекрестных помех, линия должна иметь хорошую симметрию между проводами, и между проводами и землей, а также, если это возможно, эффективное экранирование пар, четвёрок или кабеля в целом. Сопротивление изоляции проводов должно гарантировать качество передачи, а устройства защиты обеспечивать необходимую надёжность связи.

К большому сожалению, электрические параметры медных телефонных линий, а также те условия, в которых эти линии проложены и должны эксплуатироваться, таковы, что современные телекоммуникационные сети далеко не всегда являются приемлемой базой для развертывания высокоскоростных систем передачи цифровой информации. Необходимость приведения указанных параметров в соответствие с требованиями обеспечения передачи такой информации иногда ставят перед разработчиками новых цифровых технологий весьма сложные задачи.

Медные абонентские телефонные линии используются уже много лет. Техника их эксплуатации и контроля отработана достаточно хорошо, существует большой парк соответствующих приборов, инструментов и приспособлений. Но, так как эти линии первоначально предназначались только для передачи голоса, большое количество технологических операций и процедур контроля, использовавшихся и использующихся до сих пор в практике телефонной связи для обеспечения как можно более качественной передачи низкочастотного аналогового сигнала, безнадежно устарели. Они не могут быть полезными, скорее, наоборот, могут привести к большим затруднениям при попытке внедрения технологий DSL.

Структурная схема подключения абонента к цифровой сети показана на рис. 1. На этом рисунке показаны:

- 1 – сетевой и абонентский стыки;
- 2 - Узел преобразования сигнала;
- 3 – узел объединения и разделения сигналов различных направлений (эхокомпенсатор);
- 4 – приёмопередатчик (оконечный регенератор);
- 5 – линейный регенератор.

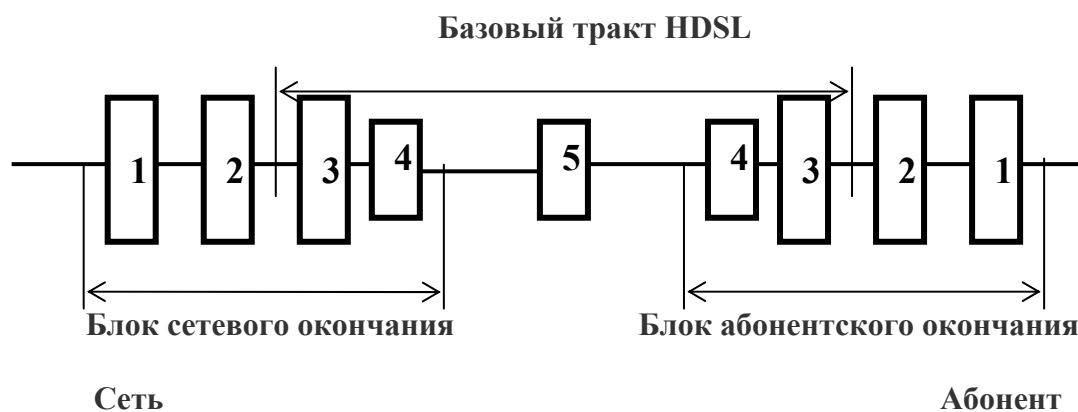


Рис.1: Структурная схема подключения абонента к цифровой сети.

Системы передачи, использующие технологии DSL, нуждаются не просто в наличии пары медных проводов, для них нужны пары с определенными характеристиками. Недопустимы неисправности или аномалии линий, существенно увеличивающие затухание сигнала в области высоких частот. Совершенно неприемлемы для использования пары, имеющие некачественные или неправильные соединения, или повреждения изоляции. Для нормальной работы модемов DSL требуется, чтобы линия была исправна на всем своем протяжении. Причем, даже те неисправности, которые кажутся незначительными при рассмотрении их с точки зрения традиционной телефонной связи, сами по себе, либо в сочетании с другими такими же «традиционно незначительными» повреждениями, могут сделать линию неработоспособной.

Планируя модернизацию линий передачи, не следует забывать, что в отличие от традиционной телефонной связи, технологии DSL используют сигналы, спектры которых лежат в области гораздо более высоких частот, чем при передаче аналоговых сигналов. В случае нелинейного преобразования сигнала неизбежно появляются его гармонические искажения. Так как сигналы с различными частотами передаются по телефонной линии с различной скоростью, возникают фазовые искажения, связанные с задержкой сигнала, причём, чем шире спектр сигнала, тем больше эти искажения. Все это может оказать существенное влияние на качество передачи высокоскоростного цифрового сигнала.

В том случае, если *характеристическое сопротивление абонентской линии* неравномерно по всей её длине (что может произойти из-за перепутывания проводов, использования при монтаже или ремонте линии отрезков кабеля с проводами различного сечения и разнообразных кабельных повреждений), может произойти отражение передаваемого сигнала, при этом возникнут так называемые потери на отражение. Возникающие при этом искажения сигнала в области звуковых частот могут быть измерены и, соответственно, скорректированы методами, хорошо отработанными для аналоговых систем передачи. Однако аналогичные мероприятия в том частотном диапазоне, который используется технологиями DSL, оказались значительно более сложными. Кроме того, контрольно-измерительное оборудование, способное определить источник отражений в абонентском распределительном кабеле на частотах порядка 300 кГц и выше, сложно, дорого и не всегда доступно операторам сетей доступа.

При развертывании систем высокоскоростной передачи цифровой информации особое внимание следует обратить на *симметрию абонентской двухпроводной телефонной линии*. Плохая симметрия линии может привести к появлению

искажений сигнала, шумов и перекрестных помех. Причем эти факторы, в основном терпимые для аналоговых телефонных линий, усугубляются по мере увеличения частоты, и зачастую делают невозможной передачу высокоскоростных цифровых сигналов.

Для систем передачи, использующих технологии DSL, первостепенное значение имеют **проблемы электромагнитной совместимости**. Ранее уже говорилось о том, что телефонные линии подвержены воздействию шумов и помех нескольких видов. К ним относятся: белый шум, переходные помехи на ближнем и дальнем конце линии, радиочастотные помехи и импульсные шумы. Используемые на сетях связи медные кабели обладают определенной защищённостью от воздействия помех, но даже у самых высококачественных кабелей эти возможности ограничены.

Известно, что **переходные помехи на ближнем и дальнем концах линии** резко возрастают при возрастании скорости передачи цифровой информации. Это особенно заметно тогда, когда в пределах одного кабеля организована цифровая передача по большому количеству его пар. Уровень перекрестных помех и степень их влияния на качество передачи сигналов систем DSL зависит от качества кабеля, количества используемых пар и частотного диапазона, в котором передается сигнал. Поэтому кроме тех ограничений использования технологий DSL, которые накладывает физическая длина абонентской линии и состояние кабельной сети, возможность предоставления пользователю качественной линии для высокоскоростной передачи данных напрямую зависит от электромагнитной совместимости используемой аппаратуры DSL с другими высокочастотными системами, работающими по парам того же или расположенного рядом кабеля.

И, наконец, на качество передачи цифровых сигналов очень сильно влияют **импульсные помехи**, вносимые различными электромагнитными устройствами. Чем длиннее линия, тем в большей степени она подвергается воздействию помех. Импульсные помехи могут привести к появлению проблем при передаче не только высокоскоростной, но и низкоскоростной цифровой информации.

Пока не началось массовое внедрение высокоскоростных систем передачи цифровой информации по абонентским телефонным линиям, масштабы перечисленных выше проблем трудно оценить. По мере роста числа абонентов, использующих высокоскоростные цифровые системы передачи на своих телефонных линиях, для достижения необходимого качественного уровня работы этих систем могут потребоваться специальные измерения и большая подготовительная работа.

Подключение удаленных компьютеров, образование локальных вычислительных сетей, организация соединения абонентов с провайдером Интернета — все это можно легко осуществить, правильно выбрав одну из существующих разновидностей технологии DSL. Выбор оптимального варианта DSL позволит перейти на новый технологический уровень использования медных линий, который обеспечивает высокую скорость передачи. При этом может быть организована не только выделенная соединительная линия с двумя модемами DSL, но и цифровая абонентская линия, соединяющая станционное оборудование с оборудованием пользователя, которая обеспечивает возможность использования абонентской линии как для передачи цифровой информации, так и для обычной аналоговой телефонной связи. Поэтому отпадает необходимость в революционной ломке существующей сети, и её реконструкция может проходить без ощутимых неудобств для её пользователей.

В зависимости от типа используемой технологии DSL, могут быть различными не только скорости передачи данных, но и требования, предъявляемые к линии. С другой стороны, скорости передачи и номенклатура услуг диктуются их пользователями. Так, например, большинство развертываемых в настоящее время систем передачи, базирующихся на технологиях DSL, ориентированных на представителей бизнеса, используют высокоскоростные и симметричные

технологии DSL. Распространение технологий DSL на рядовых пользователей (квартирный сектор телефонной сети) ставит задачу отделения потоков передачи данных от сигналов коммутируемой телефонной сети общего пользования, что позволяет отказаться от использования модемов на абонентских линиях и обеспечивает независимый и одновременный приём и передачу телефонных сигналов и сигналов передачи данных.

Кроме того, при оценке возможности использования существующих телефонных линий ТфОП для передачи высокоскоростной цифровой информации и определении путей их реконструкции, следует учитывать специфику построения аналоговых низкочастотных телефонных кабельных линий. При этом необходимо оценить качественные показатели не только самих кабелей и проводов, но и входящих в комплекс телефонных линий коммутационных изделий, элементов защиты от опасных и мешающих влияний и т.п.

Наиболее частыми причинами, затрудняющими и даже делающими невозможным использование телефонной линии для передачи высокоскоростной цифровой информации, является наличие в её составе элементов, используемых в технике передачи аналоговых сигналов. К ним, в частности, относятся пупиновские катушки, кабельные отводы, устройства грозозащиты и т.п. Разумеется, при подготовке линии к организации цифровой передачи, в первую очередь должны быть обнаружены, локализованы и удалены указанные элементы.

Пупиновские катушки предназначены для выравнивания частотной характеристики линии в полосе частот телефонного канала. Их использование позволяет снизить затухание сигнала в спектре звуковых частот (0,3 — 3,4 кГц), которое является следствием достаточно большой емкости длинных телефонных линий. Индуктивность катушек равна 66 мГн или 88 мГн. Поэтому затухание высокочастотных сигналов значительно возрастает, и линия начинает работать, как фильтр низких частот. Так как спектры цифровых сигналов (DSL в том числе) лежат в диапазоне частот, значительно более высоких, чем частоты обычной телефонной связи, передача цифровой информации по линии, имеющей пупиновские катушки, становится невозможной.

Кабельные отводы (т.е. не имеющие согласованной нагрузки пары проводов, дополнительно подключенных к абонентской телефонной линии) мало влияют на качество традиционной телефонной связи. Однако в процессе внедрения технологии DSL они создают серьезные проблемы, так как приводят к возникновению отражений передаваемого сигнала, которые, в свою очередь, отрицательно воздействуют на качество передачи. Так, например, для устойчивой работы модемов HDSL, согласно требованиям существующего стандарта, допускается наличие не более 2-х или 3-х отводов на всей протяженности линии. Зачастую даже один отвод может существенно ухудшить её качество.

Схематическое изображение отрезка линии, имеющей кабельные отводы, показано на рис.2.

Под кабельным отводом обычно понимается участок кабеля, который подключен к абонентской линии, но не входит в прямое соединение абонента с телефонной станцией. Кабельный отвод обычно подключен к основному кабелю и образует разветвление. Часто бывает так, что кабельный отвод идет к абоненту, а основной кабель идет дальше (при этом данная пара кабеля должна быть разомкнута на конце).

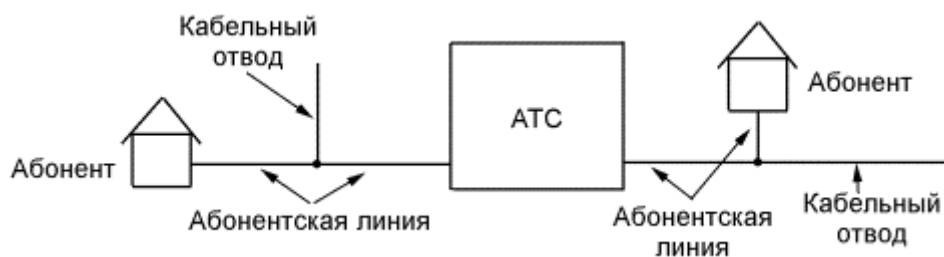


Рис. 2 : Схема отрезка абонентской линии, имеющей кабельные отводы.

Осуществлению обычной телефонной связи кабельные отводы не мешают (скорее, это источник проблем для абонента, особенно если к отводу подключается злоумышленник и часами болтает по самому дорогому тарифу). Однако для цифровых технологий кабельные отводы могут создавать серьезные проблемы. При передаче по кабелю цифрового сигнала в сторону абонента, этот сигнал попадает и во все кабельные отводы. Как правило, концы отводов разомкнуты или нагружены на несогласованное сопротивление, что обеспечивает отражение сигнала. Отраженные от концов кабельных отводов сигналы накладываются на сигнал, передаваемый абоненту, что, в свою очередь, приводит к значительному росту коэффициента ошибок.

Одной из основных причин появления перекрестных помех является **непреднамеренное скрещивание проводов**. Непреднамеренное скрещивание проводов появляется тогда, когда при сращивании строительных длин кабеля один из проводов одной пары соединяется с проводом соседней пары. Если при неправильном соединении проводов пары меняется направление их повива (на рисунке 3 слева), то в этой точке может произойти отражение части сигнала, что ведёт к наложению прямого и отражённого сигналов и появлению помехи.

При этом на дальнем конце законченной линии об этом можно и не узнать, если в процессе строительства непреднамеренное скрещивание будет обнаружено, и нормальные пары будут восстановлены при монтаже следующей муфты (на рисунке 3 справа).

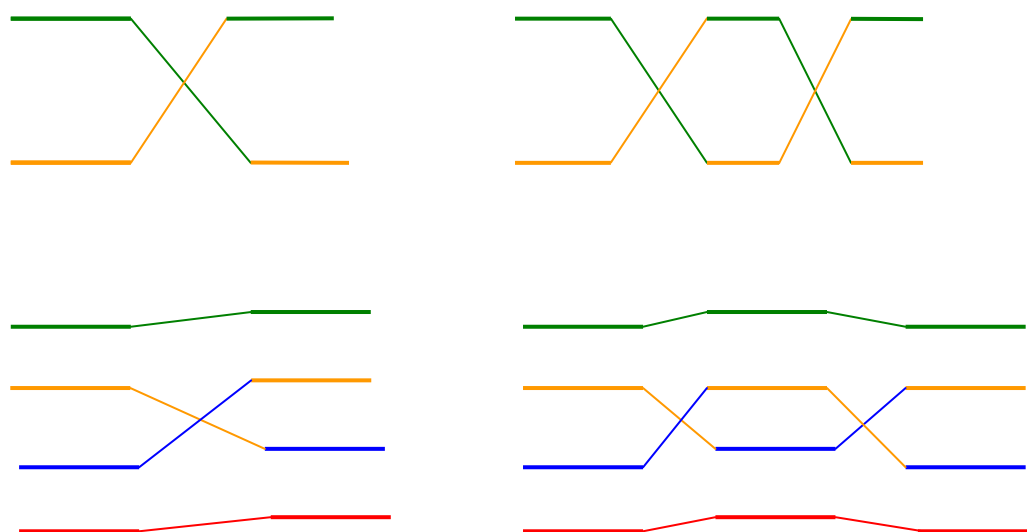


Рис. 3: Скрещивание проводов симметричной пары.

Такие скрещивания проводов могут привести к тому, что нормальные (с точки зрения организации обычной телефонной связи) линии невозможно будет

использовать для осуществления цифровой передачи. С обычным оборудованием, используемым для проверки телефонных линий, найти непреднамеренное скрещивание проводов достаточно сложно. Однако, используя рефлектометр, имеющий режим выявления переходных помех, вы сможете найти места скрещивания проводов. При подключении к входам рефлектометра одновременно проверяемой и контрольной пары, на его дисплей будут выведены подъемы и провалы характеристики переходных влияний в местах скрещивания проводов. Характеристика остального кабеля будет представлять собой практически горизонтальную линию.

Элементы защиты обычно устанавливаются в кроссах телефонных станций. В их число входят устройства ограничения напряжения (разрядники и т.п.) и тока (термические катушки). Такие катушки предназначены для защиты электронного оборудования от паразитных переменных токов, наводящих напряжения, величина которых ниже порога срабатывания разрядников и других защитных устройств. Каждый из этих элементов защиты имеет собственную электрическую емкость, индуктивность и сопротивление. Не оказывая никакого отрицательного воздействия на традиционную телефонную связь и низкоскоростную передачу данных, эти элементы могут ухудшать передачу высокоскоростных цифровых сигналов, в значительной мере ограничивая скорость передачи и максимальную длину линии.

Для большинства местных сетей *физическая цепь линии, как правило, неоднородна и представляет собой совокупность последовательно соединённых отрезков витой пары различной длины и различного диаметра проводов*. При строительстве абонентских линий стараются более удалённых абонентов соединять с АТС проводами большего диаметра. Это позволяет несколько улучшить качество связи. При ремонте линий не исключается использование кабелей различных типов с различными диаметрами жил. Типовая абонентская линия имеет достаточно большое количество паяных, а ещё чаще скрученных соединений. Это объясняется спецификой их монтажа и ремонта. Многопарные симметричные кабели абонентской телефонной сети имеют строительные длины, равные 150 м, таким образом, при средней длине линии 3 км она может содержать 10 или более сростков. Другой характерной чертой абонентских линий, как уже отмечалось выше, является наличие параллельных отводов. Часть из них остаётся ненагруженными, а к некоторым подключаются абонентские устройства различных типов. Поэтому типовую абонентскую линию очень трудно причислить к однородным средам передачи.

Работа линий DSL, использующих одну пару проводов для передачи в прямом и в обратном направлениях, базируется на применении эхокомпенсаторов, использующих методы цифровой обработки сигнала. Рост числа неоднородностей увеличивает количество отражённых сигналов, что, в свою очередь, требует значительного увеличения корректирующих возможностей эхокомпенсаторов. Однако реально их возможности ограничены, что накладывает ряд дополнительных требований на качество линии, ограничивает её длину и число допустимых точек соединений.

Подготовка кабельной сети к развёртыванию систем DSL.

Для того чтобы организовать высокоскоростную передачу цифровой информации по существующей телефонной линии, необходимо предварительно оценить возможность использования данной линии для такой передачи, выбрать нужную технологию и определить порядок реконструкции линии. При этом в первую очередь должны быть идентифицированы, локализованы и устранены, находящиеся на линии нежелательные конструктивные элементы, а также любые явные и скрытые её повреждения.

Желательно сделать это быстро и с наименьшими затратами. При этом следует помнить, что порядок проведения измерений параметров кабельных линий и поиска их дефектов жёстко не регламентируется. Другими словами, каждый оператор может выбрать его самостоятельно. Конечный результат (как положительный, так и отрицательный) гораздо более важен, чем порядок действий по его достижению. Обязательным требованием к подготовительному этапу модернизации является точная **локализацию**, то есть поиск места повреждения кабеля и нахождения нежелательных элементов или устройств.

Можно предложить следующую последовательность процедур контроля линии, производимых в обязательном порядке.

1. **Проверка электрических параметров абонентской линии.** На первый взгляд, данная процедура может показаться излишней, но результаты могут вас неприятно удивить. Практика модернизации показала, что большой процент линий может иметь совершенно неидеальную электропроводность, а это, в свою очередь, гарантирует вам достаточно большие сложности при развертывании цифровой системы передачи. Измерять необходимо не только активное сопротивление шлейфа, но и затухание линии в рабочей полосе частот и её волновое сопротивление. Для этого мало использовать измерительные приборы, работающие на полутактовой частоте системы передачи. В настоящее время имеются более совершенные приборы, позволяющие в автоматическом режиме получить АЧХ линии в заданном диапазоне частот и с заданным шагом отсчёта. Для более детального контроля желательно применить рефлектометр, который позволит определить все места неоднородности импеданса линии.

Очень важно также убедиться, что **сопротивление изоляции** кабелей и проводов лежит в пределах нормы. При этом особое внимание необходимо обратить на тип мегомметра, так как наиболее достоверные результаты измерений обеспечиваются только при измерительном напряжении не менее 500 В. Опыт показывает, что для нормальной работы цифровой линии сопротивление изоляции между проводами пары и между каждым из проводов и землей должно быть не менее 100 Мом.

2. **Измерение длины линии.** Известно, что все технологии DSL весьма чувствительны к длине используемой линии, а пропускная способность линии DSL обратно пропорциональна её длине. Таким образом, максимально допустимая длина абонентской линии зависит от выбранной технологии DSL и предполагаемых объёмов передачи информации.

Технологии ADSL и VDSL относятся именно к тем технологиям, для которых качество обслуживания и скорость передачи цифровой информации имеют тенденцию уменьшаться с увеличением расстояния. На их работу оказывает влияние реальная длина кабеля, диаметр используемых проводов, наличие кабельных отводов, а также перекрестные помехи от других пар кабеля, называемые в телефонии «переходными разговорами».

Реальная длина абонентской линии может быть измерена, например, с помощью мультиметра или рефлектометра. Лучше использовать различные методы измерения и сравнить полученные результаты.

С помощью мультиметра можно измерить емкость линии, разомкнутой на дальнем конце. Существуют формулы, которые можно найти в справочной литературе, по которым длина линии рассчитывается, исходя из результата измерения емкости линии и электрической рабочей емкости используемого кабеля (измеряемой в нФ/км).

Оценить длину абонентской линии можно и по её активному сопротивлению, которое зависит от типа кабеля, сечения проводов, а также температуры. Измерив

сопротивления пары кабеля, замкнутой на дальнем конце, с помощью того же мультиметра, можно рассчитать приблизительную длину линии.

При измерении длины линии с помощью рефлектометра линия также должна быть разомкнута на дальнем конце. Не всякий рефлектометр можно использовать при измерении протяженной линии (более 2 км), поэтому особо внимательно следует отнестись к выбору прибора с соответствующими техническими характеристиками.

Самое главное, что при этом следует помнить: электрическая длина линии и реальная физическая длина строящих её проводов могут отличаться. К сожалению, нередко в нашей практике приходится сталкиваться со случаями, когда линия в процессе строительства или, это чаще случается, ремонта оказывается состоящей из ряда отрезков проводов или кабелей различных типов и с различным диаметром жил.

3. Для того чтобы квалифицировать линию, как пригодную для передачи высокоскоростных цифровых сигналов, в обязательном порядке необходимо **убедиться в отсутствии на ней пупиновских катушек** и других элементов, влияющих на АЧХ линии. Не следует считать эту операцию лишней. На существующих линиях ещё осталось достаточное количество всевозможных ненужных и даже опасных для цифровой передачи устройств.

При проверке линии необходимо не только определить наличие таких элементов, но и найти точное место их установки (все равно ведь придется снимать их с кабеля). Для этого можно использовать специальный детектор, а для поиска их точного местоположения лучше всего воспользоваться рефлектометром.

Рефлектометр по сравнению с другими приборами имеет огромное преимущество - он позволяет достаточно легко определить достаточно точное местоположение неоднородностей линии, в том числе и пупиновских катушек. Пупиновская катушка, которая представляет собой большой скачок импеданса, воспринимается прибором, как обрыв линии. Следует учитывать, что наличие неоднородностей в линии вызывает значительные изменения времени распространения электромагнитных импульсов, поэтому более или менее точно можно определить только местоположение ближайшей к рефлектометру неоднородности. Отсюда следует, что прибор необходимо использовать сначала для поиска и удаления из линии только первой, после этого можно по очереди проводить поиск и удаление других катушек, перекрещиваний проводов и т.п.

Полезно также внимательно проверить состояние громполос на станциях и снять с них лишние разрядники и резисторы, которые тоже могут создать нам совершенно ненужные проблемы.

4. **Обнаружение кабельных отводов.**

Так как длина кабельных отводов влияет на характеристики каждой технологии DSL по-разному, при подготовке линии желательно определить общую длину всех имеющихся кабельных отводов и соотнести полученные результаты с конкретными требованиями к предполагаемой для использования технологии.

Некоторые цифровые технологии обладают возможностью в определенной мере компенсировать отраженные сигналы (эхо-сигналы), но в любом случае для обеспечения надежной передачи высокоскоростных цифровых сигналов кабельные отводы лучше устранить. Существует проверочное оборудование, например, измерители расстояния до обрыва, которые позволяют обнаружить наличие кабельного отвода между телефонной станцией и абонентом. Но только рефлектометр позволяет не только обнаружить место каждого подключения, но и длину каждого кабельного отвода. Однако если абонентская линия имеет большое количество отводов, характеристику на экране рефлектометра будет сложно расшифровать. Самым лучшим способом упростить себе задачу — это действовать точно так же, как при поиске и устранении пупиновских катушек. Уменьшив дальность действия рефлектометра, нужно найти место первого подключения

и отключить первый кабельный отвод. И действовать таким же образом дальше, отключая кабельные отводы один за другим.

Следует учитывать, что на пригодность конкретной абонентской линии для использования технологии DSL влияет, в основном, длина кабельного отвода. До определенной длины (порядка 400 метров) кабельные отводы не оказывают значительного влияния на сигналы DSL. Кроме того, кабельные отводы по-разному влияют на качество передачи сигналов различных технологий DSL. Например, технология HDSL допускает наличие кабельного отвода длиной до 1800 метров. Что касается ADSL, то кабельные отводы не препятствуют самому факту организации высокоскоростной передачи данных по медной абонентской линии, но могут сузить полосу пропускания линии и, соответственно, снизить скорость передачи.

5. Необходимо также провести ряд дополнительных процедур контроля. К ним можно отнести **определение потерь в линии** в пределах спектра частот предполагаемого цифрового сигнала, обнаружение непреднамеренного скрещивания проводов и ряд других дефектов и аномалий, которые свойственны телефонным абонентским линиям. В частности, перед развертыванием цифровых систем необходимо проверить используемую линию на наличие таких возможных проблем, как потери в линии и **перекрестные помехи**. Большинство технологий DSL (что характерно и для других цифровых технологий) просто не выносит наличие высоких перекрестных помех между используемой парой проводов и другими парами проводов, входящими в тот же пучок кабеля.

Так как разные технологии DSL используют различные полосы частот, значения частот, на которых производятся измерения потерь и переходных влияний, также должны быть различными. Правильный выбор частоты, на которой производится измерение потерь цифровой линии, позволит с достаточной долей уверенности утверждать, что данная линия пригодна для использования передачи сигналов DSL. Оптимальным вариантом проверки является снятие характеристик линии во всём диапазоне частот, выбранном для данной технологии. Указанная проверка является наилучшим завершением подготовки линии, потому что позволяет оценить эффективность устранения всех потенциальных проблем данной линии.

6. **Перепутанные пары** являются наиболее сложным для устранения дефектом телефонных кабелей. На поиск перепутанных проводов уходит гораздо больше времени, чем на поиск любого другого повреждения. Несколько облегчает их поиск то обстоятельство, что перепутанные провода — это исключительно дефект монтажа, чаще всего проявляющийся в точках ремонта, то есть в местах сращивания кабелей, когда соединяются два провода одного и того же цвета, но принадлежащие разным парам. Такая неисправность обычно приводит к появлению перекрестных помех.

7. Другой широко распространённый дефект — **подмокание кабеля**. Несмотря на все усилия, направленные на то, чтобы телефонные кабели оставались сухими, влага все равно проникает в них. Это приводит к появлению повреждений различного типа; но наиболее часто встречается так называемое высокоомное замыкание, то есть падение сопротивления изоляции. Обычно его первым симптомом является появление слышимых шумов на линии, причиной которых является протекание слабых токов между проводниками в кабеле. Такая пара проводов может считаться несимметричной.

Кроме того, следует помнить, что со временем кабельная сеть, построенная на базе медных кабелей, постепенно деградирует из-за внешних воздействий и возможных повреждений, нанесенных во время прокладки и монтажа кабелей. Системы высокоскоростной передачи в высшей степени чувствительны к неправильно выполненным или утратившим со временем свое качество скруткам проводов, а также к проникновению влаги в кабели. Каждая кабельная муфта может быть подвержена коррозии, проникновению воды и изменению импеданса (с полным

или частичным обрывом соединения). Физические дефекты кабеля могут привести (и приводят) к локальному изменению его электрических характеристик, что существенно ухудшает качество работы цифровых систем передачи. К числу таких дефектов, в первую очередь, относятся **короткие замыкания, обрывы, замыкания на землю и нарушения симметрии линии**. Важным параметром является **сопротивление шлейфа**, в большинстве технических требований к аппаратуре DSL обычно указывается максимально допустимое сопротивление шлейфа линии.

8. Следующим этапом пуско-наладочных работ является **проверка функционирования абонентских устройств**.

Прежде всего, необходимо в распределительном шкафу **найти нужную пару и проверить ее симметрию** с помощью мультиметра. Кроме того, проводятся и другие необходимые тесты, включая **проверку отсутствия отклонений активного сопротивления и емкости линии**. Наличие тонального сигнала ответа станции и отсутствие передачи цифрового сигнала (пока модем пользователя еще не подключен) проверяются с помощью тестовой трубки. После проведения данного тестирования можно, в случае необходимости, сделать в шкафу нужную кроссировку.

9. После проведения перечисленных выше работ необходимо в обязательном порядке произвести **измерение вносимого затухания** линии в используемой полосе частот.

10. Ранее уже неоднократно подчёркивалось, что **одним из определяющих качество передачи факторов является электромагнитное воздействие одной линии на другую**. При традиционной телефонной связи оно проявляется в виде пролезания в абонентскую линию посторонних разговоров. Качество канала ТЧ при этом падает, но связь не прерывается. При высокоскоростной передаче данных перекрестные помехи приводят к падению качественных показателей вплоть до полной потери передаваемой информации. На станционном конце телефонных линий, то есть на вводах сетевых узлов, переходные помехи имеют гораздо больший уровень, потому что рядом проходит большое количество кабелей.

11. Кроме уровня переходных влияний качество линии характеризуется таким важным показателем, как **уровень фоновых шумов**, которые включают в себя как собственные шумы, так и внешние помехи, например радиочастотные помехи, вносимые радиопередающими устройствами, переходные помехи от цифровых систем, работающих по другим парам кабеля, а также импульсные помехи различного происхождения и тепловой шум. Кроме переходных помех необходимо также учитывать и электромагнитные помехи, возникающие из-за воздействия радиопередатчиков, а также промышленных или бытовых источников. Если спектры, используемые различными системами передачи данных, могут перекрываться только на определенных частотах, то внешние электромагнитные помехи существуют во всем спектре частот, используемых технологиями DSL. Излучение находящегося рядом источника радиопомех может, в частности, значительно снизить максимальную длину абонентской линии, которую можно использовать для передачи высокоскоростного цифрового канала.

Анализатор спектра, включённый в линию, позволяет проверить её качество в том спектре частот, который обычно используется выбранной технологией. При этом для получения точной картины воздействия помех необходимо провести, как минимум, **суточные измерения, которые позволят определить наиболее опасное время воздействия на абонентскую линию внешних помех** и уточнить их характер и возможные источники.

В ряде случаев для обеспечения нужного качества канала может потребоваться изменение конфигурации внутренней проводки и прокладка абонентских линий подальше от источников помех, например, бытовых электроприборов, люминесцентных ламп, телевизоров, регуляторов яркости освещения и других

источников электрических шумов. Никогда не следует использовать непарную проводку. В случае необходимости приходится прокладывать новые соединения с категорией не ниже 5-ой. Всегда существует альтернатива: либо хорошие новые кабели нужной категории и высокая скорость передачи данных, либо старые кабели и, в лучшем случае, низкая скорость передачи.

Таким образом, на основании вышесказанного, можно сформулировать **ряд условий, необходимых для обеспечения работы оборудования DSL на данной линии.**

- Должна использоваться только витая пара проводов многопарного кабеля или пара кабеля четвёрочной скрутки. Возможно использование отдельной витой пары проводов. Полностью исключается использование нескрученной пары.
- Дополнительное экранирование абонентских пар желательно, но не является необходимым.
- Количество параллельных отводов не должно быть более двух, а длина каждого из них не должна превышать 500 метров.
- Наверное, нелишне ещё раз напомнить о том, что линия должна быть очищена от всех лишних элементов, снижающих её качественные показатели.

В отличие от абонентских линий, **соединительные линии местных сетей** строятся многопарными низкочастотными кабелями, как правило, одного типа. Правда, после их срочного ремонта зачастую приходится сталкиваться с наличием вставок с жилами разного диаметра. Параллельные отводы для таких линий – нетипичное явление. Поэтому большую часть проблем создают на этапе внедрения новых технологий именно абонентские линии. Они в первую очередь нуждаются в тщательной проверке и корректировке.

Известно, что искажения, вносимые кабельной линией, зависят от таких её параметров, как частотные характеристики затухания и групповое время распространения. Так, например, для варианта организации работы системы HDSL по четырёхпроводной схеме важным фактором, определяющим нормальную синхронизацию подсистем, является разброс группового времени распространения отдельных физических пар. В соответствии с существующими стандартами **допустимая разность группового времени распространения** на частоте 150 кГц не должна превышать 50 мкс. **Нормированная величина коэффициента ошибок** не должна превышать 1×10^{-7} .

На основе опыта эксплуатации и обработки результатов испытаний линий HDSL определены и рекомендуются существующими нормативными документами максимально допустимые величины шумов и затухания регенерационных участков, которые измеряются на частоте 150 кГц.

Стандартный уровень шумов не должен превышать 27 дБ для линии, содержащей две пары проводов, и 31 дБ для линии, содержащей три пары проводов. При этом спектральная плотность помех составит 97,5 дБм/Гц для стандартного уровня шумов и 87,5 дБм/Гц для повышенного уровня шумов. Стандартный уровень соответствует переходному затуханию на ближнем конце, равному 53 дБ, а повышенный - переходному затуханию на ближнем конце, равному 41 дБ, измеренному на частоте 150 кГц.

Очевидно, что неисправности, оказывающие влияние на обычную телефонную связь, в обязательном порядке окажут свое отрицательное воздействие и на высокоскоростную передачу данных. В то же время повреждения, которые не создают слышимых помех и не мешают телефонным разговорам, также будут влиять на системы передачи. Например, на работу систем высокоскоростной передачи может влиять недостаточно высокое сопротивление изоляции проводов.

Режимы работы линий, использующих технологию DSL, принято делить на три категории.

1. Режим, при котором определяющими качество передачи являются собственные шумы линии и функциональные шумы аппаратуры (например, шумы эхокомпенсатора). Первому режиму соответствует использование аппаратуры HDSL на высокочастотных симметричных кабелях (МКС, ЗКА, ЗКП, КСПП). В этом режиме можно полностью использовать динамический диапазон усиления стыковых и линейных регенераторов.

2. Режим, при котором наблюдаются умеренные переходные влияния на ближнем конце. Этому режиму соответствует использование аппаратуры HDSL на соединительных линиях ГТС, использующих многопарные кабели типа Т или ТПП, для которых характерно как пониженное переходное затухание между парами на ближнем конце, так и наличие большого числа влияющих пар.

3. Режим, при котором наблюдаются значительные переходные влияния. Этот режим характерен, в первую очередь, для абонентских линий, где участок линии, прилегающий к АТС, особенно сильно подвержен переходным влияниям.

К сожалению, результаты экспериментальных исследований, приводимые в технической литературе, противоречивы и отрывочны. Усреднённые минимально допустимые величины переходных затуханий на ближнем конце, измеренные на частоте 150 кГц, составят:

- Для кабеля ТП(Т) 35,1 дБ,
- Для кабеля МКС 62,3 дБ
- Для кабеля ЗКП(ЗКА) 61,4 дБ
- Для кабеля КСПП 61,5 дБ

Опыт разработки и эксплуатации систем передачи с HDSL показал, что если существует запас помехозащищённости в 2 – 3 дБ по сравнению с приведёнными выше значениями, можно обеспечить коэффициент ошибок порядка $1 \cdot 10^{-10}$, соизмеримый с параметрами волоконно-оптической линии, или увеличить протяжённость регенерационного участка линии при сохранении нормированного коэффициента ошибок $1 \cdot 10^{-7}$. Поэтому использование технологии HDSL позволяет практически в два раза увеличивать длину регенерационных участков линии ИКМ-30 при сохранении её пропускной способности, что даёт ощутимую экономию капиталовложений в строительство или реконструкцию линейно-кабельных сооружений.

По сравнению с внедрением на сетях доступа технологии HDSL организация высокоскоростного абонентского доступа на базе технологии ADSL является задачей несколько более сложной.

Как и в случае внедрения технологии HDSL, непременным условием успешного внедрения технологии ADSL является предварительная проверка кабеля и его испытание на соответствие техническим условиям на данную систему передачи. Перед развёртыванием системы обнаруженные дефекты должны быть идентифицированы, локализованы и устранены, причём желательно с наименьшими затратами и наименьшим объёмом технических операций.

Методика проверки абонентских и соединительных линий не отличается от проверки, которая практикуется при внедрении HDSL, меняется только полоса частот, в которой необходимо проводить указанные процедуры контроля.

При внедрении технологии ADSL приходится предъявлять более жёсткие требования к электромагнитной совместимости систем передачи

В случае использования частотного разделителя сигналов (сплиттера), разделяющего голос и данные и направляющего их на соответствующее абонентское оборудование, следует убедиться, что внутренняя абонентская проводка имеет нужную категорию и включает в себя отдельно проложенное соединение сплиттера с модемом ADSL, причём к данному соединению не должно быть подключено никакое другое оборудование.

Работы, выполняемые в помещении абонента, также достаточно трудоемки. Фактически самым сложным вариантом является применение «классической» технологии ADSL. Абонентская линия должна быть подключена только к сплиттеру, к которому, в свою очередь, подключается модем (к одному выходу) и все остальное аналоговое телефонное оборудование (к другому). Если часть линии от узла связи до модема выполнена плоской парой проводов, ее необходимо заменить витой парой. Лучшие результаты достигаются в случае, когда проводка от ввода в здание до модема выполнена отдельным кабелем категории 5. Кроме того, может потребоваться изменение конфигурации существующей проводки для ее физического отдаления от источников электромагнитных наводок (электрической проводки тока промышленной частоты, ламп дневного света и т.п.). Именно этот вид работ и вносит наибольшую долю затрат в работы по установке оборудования ADSL.

Если технология ADSL требует установки сплиттера в помещении абонента, для других технологий характерно прямое подключение абонента к линии. В случае использования оборудования ADSL G. Lite модем можно подключить в любую телефонную розетку, так же, как и оборудование HDSL, которое используется только на выделенных линиях. Разумеется, что указанное выше оборудование можно использовать только в тех случаях, когда проводка в помещении абонента выполнена витой парой.

Стратегия тестирования кабельной сети.

Внедрение технологий DSL невозможно без принятия четкой стратегии тестирования, которая позволит реализовать наиболее эффективные возможности организации контроля качества передачи. Поэтому, прежде всего, необходимо определить **методы и средства тестирования**, способные помочь проанализировать параметры телефонной линии в спектре высоких частот, который используются технологиями DSL.

Методика тестирования кабельных сетей, в том числе и сетей доступа, достаточно подробно рассматривается в технической литературе. Однако существует ряд специфических особенностей подготовки сетей к внедрению технологий DSL. Для операторов связи стратегия предоставления услуг DSL подразумевает необходимость концентрироваться на задаче наиболее быстрого предоставления услуг с наименьшими затратами. Решить эту проблему помогает как использование высокоэффективных централизованных систем тестирования, так и правильный выбор комплекса контрольно-измерительных приборов.

Идеальным вариантом внедрения новой технологии является тот, при котором оператор точно знает заранее, какие абоненты конкретной телефонной станции и по каким линиям могут получать полноценное обслуживание. Это позволяет заранее начать приведение в порядок телефонных линий именно тех абонентов кабельной сети, которые являются потенциальными пользователями служб высокоскоростной передачи данных, и начать подбор пар, наиболее пригодных для указанной цели.

Однако попытка реализации указанного варианта сталкивается с необходимостью использования достаточно трудоемких и дорогостоящих методов тестирования, которые сложно распространить на все абонентские линии сразу. Необходимо по возможности упростить и облегчить этот процесс. В настоящее время широко используется метод предварительной отбраковки телефонных линий. Данный метод заключается в выборе ключевого параметра, например, длины телефонной линии. Впрочем, для отбора линии можно использовать любой другой параметр, например, сразу исключить индивидуальных абонентов, и работать только

с телефонными линиями, которые обслуживают различные организации, или реконструировать только определённый микрорайон и т. п.

Для упрощения рассмотрения данного примера остановимся на анализе критерия какого-либо физического параметра, например, длине телефонной линии. При этом исключаться из программы модернизации будут только те абонентские линии, которые превышают предельную длину. Но следует учитывать, что даже если длина абонентской линии укладывается в установленные пределы, это еще совсем не означает, что она будет поддерживать высокоскоростную передачу. Для того чтобы эффективно квалифицировать абонентскую линию, необходимо одновременно анализировать целую комбинацию характеристик, влияющих на качество передачи высокоскоростной цифровой информации: физических, электрических и даже экономических. Причем, для того, чтобы квалифицировать линию как пригодную для использования, все составляющие данной комбинации должны лежать в установленных пределах. Пример мнемонической схемы такого отбора представлен на рис. 4.

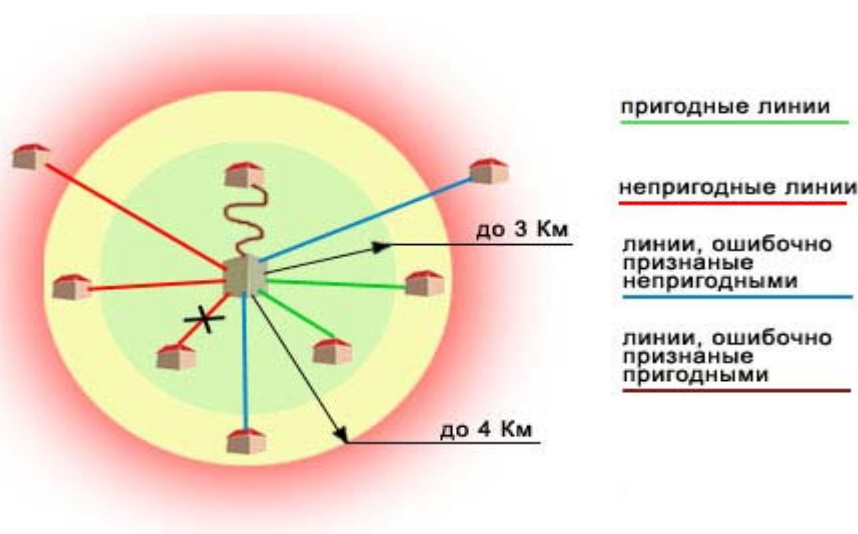


Рис. 4: Алгоритм отбора абонентских линий.

Может быть выбран другой уровень отбора, который не пройдут линии, имеющие явные дефекты, наличие сильных помех или неудовлетворительные физические и электрические параметры (например, содержащие последовательно соединенные отрезки кабеля с жилами различного диаметра или кабели недостаточно высокой категории, используемые, например, для абонентской проводки). Следует помнить, что каждая технология высокоскоростной передачи имеет свои определенные ограничения. Кроме того, не исключено, что даже если абонентская линия отвечает базовым критериям, и этому абоненту может быть предоставлено соответствующее обслуживание, проблемы могут возникнуть и через какое-то время после начала предоставления услуг. Некоторые неисправности линии могут проявиться не сразу, а в связи с сезонными изменениями условий эксплуатации, старением кабеля и соединительных устройств и т. п. Такие дефекты и аномалии следует по возможности прогнозировать и быть готовыми к их появлению.

Предварительная проверка линий позволит операторам реализовать обслуживание абонентов по линиям, на первый взгляд не подходящим для высокоскоростной передачи, если вовремя обнаружить и устранить на этих линиях все неисправности и потенциальные препятствия.

В настоящее время создано и может успешно использоваться тестовое оборудование, которое способно имитировать работу модемов, установленных

на абонентском и станционном концах линии (эмулировать модемы). Указанное оборудование подключается к телефонной линии на стороне абонента и, благодаря встроенному модему, устанавливает соединение с модемом, расположенным на удалённой станции. Если соединение установлено с ожидаемой скоростью передачи данных, абонентская линия признается пригодной для использования. Если же скорость соединения оказывается слишком малой или соединение не устанавливается вовсе, необходимо провести дополнительные процедуры по подготовке линии к использованию.

Вместе с тем, при внедрении любого из вариантов технологии DSL в первую очередь необходимо провести простейшие операции тестирования, позволяющие обнаружить обрывы и короткие замыкания, места намокания кабеля, участки кабеля с отклонением различных физических параметров, вставки кабелей других типов, ответвления и даже те повреждения, которые имеют непостоянный характер.

Только после того, как все неисправности такого типа будут обнаружены, локализованы и устранены, можно приступить к измерениям основных параметров кабеля. Необходимо проверить сопротивление шлейфа, продольную асимметрию сопротивления шлейфа, ёмкостную асимметрию, ёмкость шлейфа, вносимое затухание, взвешенные шумы и искажения по постоянному и переменному току, включая индуктивные помехи. При этом локализуются такие ранее не обнаруженные неисправности линии, как падение сопротивления изоляции между проводами или между проводами и землей, изменения импеданса, связанные с использованием проводов разного сечения или намоканием кабеля, кабельные отводы и пупиновские катушки. Следует обратить внимание на такие, казалось бы, незначительные повреждения, как разница сопротивления проводов кабельной пары. Даже различие в 10 Ом между проводами пары приведет к тому, что она будет функционировать, как фильтр высоких частот и ограничивать скорость передачи, независимо от того, какая технология высокоскоростной передачи данных используется.

Используя доступное на сегодняшний день контрольно-измерительное оборудование, можно быстро проверить существующую кабельную сеть, обнаружить и устранить все факторы, препятствующие внедрению DSL. Процедуры контроля линий во многом одинаковы для всех используемых на сетях связи новых цифровых технологий.

На начальном этапе оптимальным представляется использование переносных контрольно-измерительных приборов с автономным электропитанием. Такие приборы могут быть подключены к любой точке телефонной линии без каких-либо дополнительных процедур, что позволяет оперативно находить участки линии, требующие ремонта или модернизации, а также быстро и точно проверить, способна ли абонентская линия поддерживать технологии DSL.

Цифровые мультиметры позволяют обнаружить **короткие замыкания, обрывы, замыкания на землю и нарушения симметрии линии**. С их помощью можно измерить **сопротивление шлейфа**, что очень важно, потому что в большинстве технических требований к аппаратуре DSL обычно указывается максимально допустимое сопротивление шлейфа линии. Для этого необходимо закоротить проверяемую пару проводов на дальнем конце. Если же закоротить пару кабеля на дальнем конце не представляется возможным, для определения длины абонентской линии можно измерить её ёмкость. К сожалению, в данном случае в неё помимо ёмкости основной пары будут включены ёмкости всех подключенных к ней отводов, что сильно исказит результаты измерений, то есть полученное значение длины абонентской линии. Более эффективным при проведении подобных измерений является использование **цифрового измерительного моста**, дающего более точные результаты замеров. Его применение ограничивается только из-за высокой стоимости, энергопотребления, сравнительно большого веса и габаритов прибора.

Очень важно обеспечить точную **локализацию**, то есть поиск места повреждения кабеля, которая может быть проведена с помощью рефлектометра.

Современные централизованные системы тестирования кабельных линий позволяют значительно сэкономить время контроля, так как они обеспечивают предварительную оценку возможности использования абонентских телефонных линий в качестве физической среды для передачи цифровой информации с использованием технологий DSL. Хотя такое тестирование и не дает стопроцентной гарантии точности результатов, оно позволяет с большой долей уверенности определить как подходящие, так и явно непригодные для использования линии. При этом применение стандартных процедур проверки телефонных линий позволит свести время ввода цифровой системы в действие до минимума. Контроль должен охватывать телефонные станции, сетевые операционные центры (решающие задачи функционирования сети, т.е. мониторинга, управления, поддержки пользователей и т.д.) и кабельные сети, в которые входят как соединительные, так и абонентские линии.

Большое количество измерений, которое требуется проводить при инсталляции и эксплуатации систем DSL являются абсолютно необходимым условием безаварийной работы этих систем, но, к большому сожалению, часто это оказывается недостаточным. Метод тестирования медных пар, как среды распространения сигнала DSL, дает только косвенный результат, показывающий: будет или не будет работать система по этой паре. Для точного анализа необходим дополнительный метод анализа - эмуляция потока с помощью встроенного тестового модема. В некоторых случаях к этому этапу можно приступать, даже пропустив несколько этапов измерений медного кабеля, о которых подробно говорилось выше. Дело в том, что результаты измерения параметров испытательного сигнала, который передается по выделенной для использования кабельной паре, сами расскажут о ее состоянии. И, если получены хорошие результаты, или если не нужно оформлять паспорт пары (цифровой линии), можно не возвращаться к предыдущему этапу. Но если появляются проблемы с реализацией намеченных услуг, или передача испытательного сигнала выявила заниженные характеристики линии, придется все-таки заняться ее тестированием в полном объеме.

Контрольно-измерительное оборудование, работающее в режиме эмуляции потока или в мониторинговом, то есть прозрачном для реального сигнала режиме дает точные, а не аппроксимированные значения параметров системы, в том числе. максимальные и действующие скорости передачи цифровых потоков, загрузку каналов или трактов, их амплитудно-частотные характеристики (часто с графическим представлением), оценку возможности приспособления системы передачи к работе по данной паре, качество работы сплиттеров. Режим мониторинга позволяет проверить качество работы системы доступа при реальной загрузке ее клиентскими приложениями – это тоже важно во многих случаях.

Такие приборы способны имитировать работу модемов, устанавливаемых как на абонентском так и на станционном концах линии. Они подключаются к абонентскому концу телефонной линии и, благодаря встроенному модему, устанавливают соединение с модемом, находящимся на другом конце телефонной линии на станции. Если соединение установлено с ожидаемой скоростью передачи данных, абонентская линия признается пригодной для использования. Если же скорость соединения слишком мала или соединение не установлено вовсе, необходимо провести дополнительные процедуры по подготовке линии к использованию. Следует заметить, что данную процедуру практически невозможно провести при использовании стандартных модемов, которые требуют обязательного подключения к источнику питания переменного тока и не предназначены для переноски в процессе испытаний. Переносной тестер может быть подключен к телефонной линии в любой точке, что позволяет точно определить те участки

линии, которые требуют модернизации. К сожалению, такие тестеры не подходят для точного определения характера и местоположения неисправности абонентской телефонной линии, позволяя проверить только возможность организации высокоскоростной цифровой передачи по данной линии.

Использование метода предварительной проверки и определения пригодности абонентских линий позволяет улучшить обслуживание пользователей и значительно сократить объём работы технического персонала непосредственно на линии, а это, как известно, наиболее трудоёмкая и тяжёлая работа. Роль персонала, в основном, сводится к установке оборудования и проверке его рабочих параметров.

В значительной мере выбор стратегии зависит от того, является ли оператор, развертывающий системы DSL, владельцем абонентских линий или он арендует их у других операторов. Если оператор владеет абонентскими линиями, то он должен предусмотреть комплекс мероприятий по оценке и классификации линий с точки зрения их соответствия требованиям технологий DSL и обеспечения действий по устранению возможных причин этого несоответствия. Даже если оператор и не планирует самостоятельно развивать услуги цифрового доступа, необходимо предусмотреть возможность сдачи абонентских линий в аренду другим операторам, использующим цифровые технологии. После предварительной оценки и получения заявки на предоставление обслуживания, операторам остается лишь установить оборудование и проверить качество обслуживания. Данная задача относительно проста и может быть решена с помощью используемого в настоящее время на ТФОП технологического и контрольно-измерительного оборудования. Кроме того, стратегия централизованного тестирования позволяет техническому персоналу за один выезд исправлять более одного повреждения и, при необходимости, проводить профилактические работы, не доводя ситуацию до аварийной. В типичных для нашего времени жёстких условиях эксплуатации, возможность устранения проблемы до того, как она начинает влиять на качество предоставляемых услуг, обеспечивает существенную экономию эксплуатационных расходов, минимизирует уровень претензий пользователей и повышает конкурентоспособность оператора.

Разумеется, каждый оператор сам выбирает стратегию внедрения новой техники. Несмотря на это, существуют определенные общие принципы, которые диктуются соображениями технической и экономической целесообразности, позволяющими выбрать оптимальный вариант внедрения.

Эти принципы предусматривают необходимость проведения предварительного испытания абонентских линий на соответствие качественным показателям, которые необходимы для использования технологий DSL. Процесс испытаний начинается с работы стандартной системы тестирования, установленной на АТС, которая позволяет проверить параметры линии по постоянному и переменному току, измерить длину линии, обнаружить некоторые кабельные повреждения, например, обрывы или пробой изоляции. Но кроме этого должно быть проведено и дополнительное тестирование, позволяющее определить точно или хотя бы приблизительно потери в области высоких частот, запас по помехоустойчивости, импульсные помехи и асимметрию линии. Весь комплект проверочного оборудования должен не только определять принципиальную возможность использования данной линии для внедрения одной из технологий DSL, но и предварительно определить возможную величину максимально допустимой скорости передачи цифровой информации.

В процессе проведения подготовительных работ абонентские линии квалифицируются по целому ряду параметров. Очень часто данная информация может оказаться единственным критерием, позволяющим оператору быстро определить пригодность линии и оценить предполагаемую скорость передачи. Требуемые величины этих параметров определяются, в первую очередь, характеристиками

используемого оборудования. Существуют вполне определённые качественные показатели пар медных кабелей, которые необходимо учитывать для наиболее точной оценки предполагаемой скорости передачи высокоскоростного цифрового сигнала по конкретной абонентской линии. Они уже неоднократно перечислялись выше. Хотя соответствие этих параметров определенным требованиям не гарантирует стопроцентно, что оборудование будет нормально работать, предварительная оценка качества линии обязательно должна быть сделана. То есть, необходимо с наибольшей степенью вероятности предварительно (то есть до подключения какого-либо оборудования ЦСП) определить способность конкретной пары поддерживать определенную технологию DSL.

Ранее уже говорилось, что для этого необходимо измерить:

- омическое сопротивление шлейфа,
- продольную асимметрию сопротивления жил,
- емкостную асимметрию жил,
- длину шлейфа по результатам измерения емкости,
- вносимое затухание в диапазоне от 300 Гц до максимально возможного значения частоты (для разных сигналов xDSL оно равно 200 кГц, 300 кГц, 1,6 МГц),
- уровень взвешенных шумов (при номинальной величине сопротивления нагрузки шлейфа 600 Ом),
- величину переходных влияний и наводок от внешних источников.

Чтобы выполнить простейшие измерения и проследить трассу достаточно иметь мультиметр, «прозвонку», тональный генератор и индуктивный щуп. Указанные приборы и приспособления недороги и обычно имеются на каждом узле.

Для успешного выполнения перечисленных работ необходимо кроме того иметь прибор для измерения сопротивления изоляции (мегомметр), мостовой измеритель сопротивления, измеритель емкости, рефлектометр. Так как сигналы DSL занимают сравнительно высокочастотный участок спектра (20 кГц — 1,6 МГц), измерение частотных характеристик (затухания) и шумов возможно только с помощью специально предназначенных для этого приборов — тестеров xDSL, хотя никто не исключает и использование классических измерительных комплектов, состоящих из генератора гармонических колебаний и селективного измерителя уровня. Иногда в состав тестеров ADSL входит даже эмулятор абонентского модема, представляющий собой генератор испытательного сигнала, с помощью которого техники могут всегда проверить работоспособность шлейфа на любом участке вплоть до мультиплексора доступа.

Сравнение полученных при измерении результатов с типовыми значениями параметров поможет легко выявить неисправные или не отвечающие поставленным требованиям абонентские линии, обнаружить и устранить причины неисправностей.

Выбор метода предварительной проверки абонентских линий зависит от того, на каком этапе взаимоотношений с потенциальным пользователем находится оператор. В том случае, если он будет располагать информацией о состоянии кабельной телефонной сети заранее, т.е. до обращения к нему абонента телефонной сети, желающего стать пользователем высокоскоростных цифровых услуг, ответ (как положительный, так и отрицательный) о соответствии этой сети условиям, выдвигаемым выбранной технологией, может быть предоставлен абоненту немедленно. Поэтому при проведении предварительной оценки кабельной сети часть абонентских линий, не отвечающих определенным критериям (например, слишком длинные, или просто бесперспективные с точки зрения реконструкции) могут быть отсеяны на предварительном этапе, без привлечения специализированных технических средств. Дальнейшая проверка абонентской линии будет одинакова и в том случае, когда она проводится исключительно по инициативе оператора, и в том случае, когда она проводится по требованию конкретного абонента,

(желающего получить определённую услугу). Этот этап проверки является этапом непосредственного тестирования линии.

Можно воспользоваться двумя методами предварительного тестирования абонентских телефонных линий: односторонним и двухсторонним тестированием.

При **одностороннем тестировании** проверочное оборудование подключается только на станционном конце абонентской линии (рис. 5).

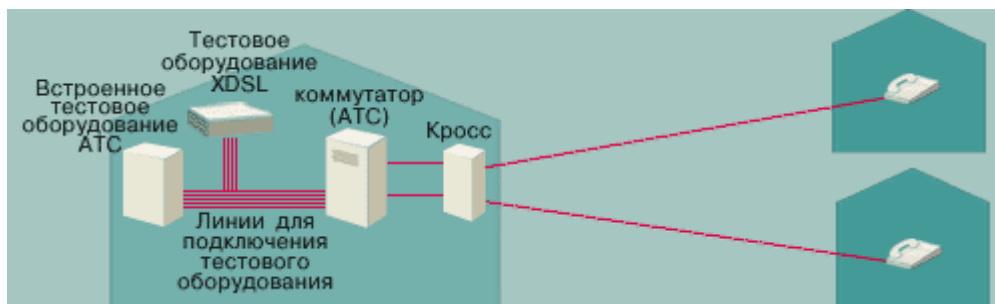


Рис.5: Организация одностороннего тестирования абонентской линии.

Данный метод позволяет оценить способность абонентской линии поддерживать работу систем передачи DSL. Такое тестирование позволяет получить информацию о необходимости проведения ремонта определенных абонентских линий (например, удаления конструктивного элемента, препятствующего

высокоскоростной передаче, или устранения неисправности кабельной линии). Метод одностороннего тестирования не дает стопроцентной уверенности в том, что абонентская линия будет поддерживать технологию DSL, однако, оценка вероятности этого достаточно высока. Метод одностороннего тестирования исключает необходимость направления бригады техников-кабельщиков вдоль абонентской линии, если на ней не будет обнаружена неисправность. Данный метод может быть в определенной степени автоматизирован, что позволит обеспечить массовую оперативную проверку линий в процессе широкого внедрения технологий DSL.

Двухстороннее тестирование, как это следует и из названия, предполагает подключение проверочного оборудования на обоих концах абонентской телефонной линии (рис. 6). В этом случае необходимо установить на абонентском конце линии модем или тестовое оборудование, имитирующее работу такого модема, что позволит организовать соединение между абонентским окончанием и модемом, находящимся на станции. Если соединение установить невозможно или его параметры не могут удовлетворить даже самого невзыскательного пользователя, необходимо принять все меры по реконструкции абонентской телефонной линии. Однако, проверка абонентской линии путем установки соединения между модемами, подключенными к ее концам, может и не дать всей необходимой информации о том, почему данная абонентская линия не поддерживает передачу сигналов xDSL. Для этого необходимо провести отдельное тестирование с использованием специального оборудования, которое позволяет искать повреждения в кабеле.

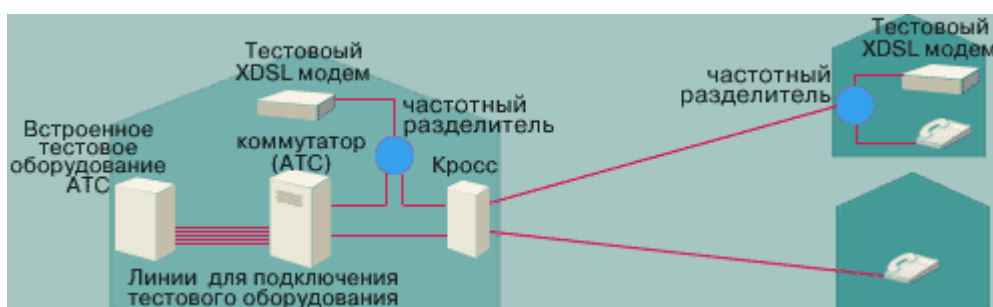


Рис. 6: Организация двустороннего тестирования абонентской линии.

При проверке абонентской телефонной линии её можно условно разделить на три зоны, к ним относятся:

1. проводка на телефонной станции,
2. абонентская проводка,
3. кабельная сеть, соединяющая эти две зоны и определяющая, в основном, способность абонентской линии поддерживать технологии DSL.

На телефонной станции к абонентской линии не должно быть подключено никакого постороннего оборудования или конструктивных элементов, которые могут отрицательно повлиять на передачу высокочастотных цифровых сигналов.

Ранее уже отмечалось, что **тестирование кабельного участка** абонентской линии включает в себя три основных задачи.

1. Измерение длины линии (которое позволяет сразу же забраковать некоторые абонентские линии, потому что технологии DSL выдвигают строгие требования к длине линии).
2. Поиск и устранение кабельных повреждений (к ним относятся обрывы, сообщения между проводами или проводами и землей, изменения импеданса, связанные с использованием проводов разного сечения или намоканием кабеля и т.п.).
3. Измерение уровня и определение частотных характеристик шумов, которые, как уже говорилось выше, оказывают существенное влияние на высокоскоростные системы передачи.

Существуют два основных подхода к тестированию и эксплуатации кабельной инфраструктуры, оба из которых имеют право на жизнь.

1. Тестирование и паспортизация всей кабельной сети в целом, когда одновременно контролируются все пары одной или нескольких магистралей кабелей;
2. Тестирование выделенных для предоставления конкретного сервиса пар в отдельности.

Каждый из этих подходов имеет как преимущества, так и недостатки, поэтому комплексное использование обоих методов при грамотной постановке задачи может дать наибольшую эффективность и даже сэкономить инвестиции оператора связи.

Отличие этих методов лежит в самом определении. При **массовом тестировании пар** используется оборудование, подключаемое непосредственно на кроссах и в распределительных шкафах. При этом появляется возможность одновременного тестирования до 3 – 7 тысяч пар.

Это дает, во-первых, реальную картину загрузки и маршрутизации кабельных пар, что крайне важно при планировании новых сервисов на данном конкретном направлении.

Во-вторых, мы четко видим все неправильно сделанные кроссировки, зашунтированные и разбитые пары, ответвления и взаимное влияние пар. Перечисленные факторы оказывают огромное влияние на допустимую величину скорости передачи сигнала цифровых систем доступа, а часто просто не дают возможности предоставлять пользователю цифровой сервис.

В-третьих, имея четкую и правдивую картину своей распределительной сети, оператор может более эффективно планировать развитие своего сервиса, ведь зачастую действующие пары находятся там, где планируется прокладка новых кабелей.

Особенность этой системы проверки состоит в том, что контрольно-измерительная аппаратура с помощью специально разработанных адаптеров может быть быстро подключена к кроссовым и шкафным плинтам любой конструкции. При

этом тестирование производится без обрыва связи и в полностью автоматическом режиме. Кстати, минимальное участие человека в этом процессе – один из ключевых факторов получения объективной информации. Единственный недостаток такого способа тестирования – малая оперативность.

Второй подход к организации анализа медной кабельной сети, назовем его «приборным» - это **тестирование конкретной пары с помощью специализированного анализатора** - портативного прибора с большим количеством функций, что позволяет получить наиболее объективную информацию о параметрах тестируемой пары.

Необходимо решить, какие параметры телефонной пары надо в первую очередь анализировать при монтаже, установке оборудования и во время эксплуатации системы абонентского доступа, использующей технологию DSL.

С течением времени состояние кабельной сети постепенно ухудшается из-за внешних воздействий и повреждений. Традиционная телефонная связь достаточно устойчива к постепенному ухудшению характеристик среды передачи, чего нельзя сказать о высокоскоростных системах передачи. Изменению электрических характеристик кабеля существенно ухудшает работу цифровых систем. Поэтому линии, по которым организуется передача цифровых сигналов, нуждаются в тщательной регулярной проверке основных параметров. Периодичность проверки зависит от типа кабеля, категории линии и т.п.

Внутренняя абонентская проводка часто имеет низкую категорию и к тому же бывает проложена вопреки всем правилам, поэтому при тестировании абонентской линии на качество внутренней проводки приходится обращать особое внимание.

Бытует мнение, что наличие определенного и установленного порога шумов позволяет создавать телефонное оборудование с оптимальными характеристиками. Однако любое превышение нормированного уровня шумов приводит к понижению общего качества работы телефонной сети. всегда было свойственно телефонной кабельной сети. При традиционной телефонной связи воздействие одной линии на другую, проявляющееся в виде перекрестных помех, проявляется в виде пролезания в канал тональной частоты посторонних разговоров. Это неприятно, но не ведёт к прекращению передачи информации.

При высокоскоростной передаче перекрестные помехи приводят к разрушению передаваемой цифровой информации. Существует и другая сторона этой же проблемы. Многие эксперты считают, что широкое распространение технологий DSL приведет к внесению значительных помех в каналы ТфОП, загруженные «традиционными» ЦСП плезиохронной цифровой иерархии. С этими помехами невозможно справиться без осуществления модернизации существующей кабельной сети (закрывающейся, например, в прокладывании кабелей более высокой категории на всех участках абонентской телефонной линии).

Кроме того, воздействие электромагнитных помех промышленных или бытовых источников для линии DSL также гораздо опаснее, чем для обычной телефонной линии. При этом для каждой технологии необходимо проводить измерения наводимых шумов в определенном спектре частот (так, например, при подготовке линии для подключения системы ADSL необходимо провести измерение в частотном диапазоне, как минимум, до 1 МГц).

Для уточнения и дополнения полученных результатов предварительных испытаний могут в дальнейшем потребоваться достаточно дорогостоящие и требующие специального оборудования и высококвалифицированного персонала линейные испытания. Система централизованного тестирования (включающая контрольно-измерительное оборудование и соответствующее программное обеспечение), использование которой предполагается на этапе линейных испытаний, может потребоваться в дальнейшем для организации мониторинга линий, а также

поиска и устранения неисправностей на кабельных сетях в ситуациях, близких к аварийным.

Проверку готовности проходят не только абонентские телефонные линии, но и все используемое станционное оборудование на отрезке от провайдера до конечного пользователя (включая все станционные и линейные стыки и кабельные соединения между аппаратурой DSL и кроссами на станции). При этом производятся все необходимые соединения (кроссировки), в результате чего от мультиплексора доступа до абонента будет сформирован тракт передачи сигнала. Оборудование централизованного тестирования позволяет значительно ускорить процесс последующей проверки, потому что анализирует линии автоматически и, кроме того, сохраняет результаты для последующего анализа. Так как кроссировка линий обычно производится техниками оператора местной связи, можно использовать централизованную проверочную систему, обладающую функцией IVA (интерактивный голосовой доступ), которая позволит правильно идентифицировать проверяемую пару. Данная технология может быть также использована и в том случае, когда вмешательство техников необходимо для устранения какой-либо неисправности. Если нормальная работа канала DSL еще не установлена, для поиска неисправностей может использоваться модем DSL или генератор испытательного сигнала.

Возможность передачи цифрового сигнала по абонентской паре определяется путем установки синхронизации с мультиплексором доступа (DSLAM). Эта проверка осуществляется с помощью обычного модема, который также должен давать подтверждение возможности обеспечения именно той скорости передачи цифрового сигнала (как для восходящего, так и для нисходящего потока при использовании асимметричной технологии), которая соответствует установленным требованиям на данную систему передачи. Если синхронизация не установлена, техникам необходимо точно установить, соединена ли данная линия с DSLAM. Если же синхронизация достигнута, но скорость передачи данных не соответствует планируемой, должна быть проверена конфигурация DSLAM.

Следующая фаза работ проводится на уровне сетевого интерфейса, то есть там, где пара DSL соединяется с внутренней проводкой помещения пользователя. До монтажа кроссировки снова должны быть проведены все основные проверки (т.е. синхронизация с DSLAM, проверка скорости передачи данных и другие), но теперь уже с устройства сетевого интерфейса. После этого с помощью контрольной трубки проверяется возможность установки обычного телефонного соединения.

Перед началом эксплуатации необходимо обязательно провести тот же самый набор тестов, который использовался при предварительной проверке линии. Это позволяет определить окончательную пропускную способность и устойчивость работы канала. В случае внедрения ADSL может использоваться специализированный тестер, имеющий встроенный имитатор модема, в случае внедрения других технологий можно использовать встроенные функции оборудования. Если встроенные функции оборудования не позволяют осуществлять тестирование полученного канала, необходимо использовать любой подходящий прибор с функцией эмуляции соответствующего интерфейса и возможностью измерения коэффициента ошибок.

Ряд фирм выпускает модемы DSL, которые могут использоваться не только как средства передачи информации, но и как измерительные устройства. Возможности модемов ряда компаний позволяют обеспечить настройку системы HDSL, оценку ее основных параметров, нормальную работу и организацию технического обслуживания, а также локализацию повреждений. Такой набор функций поддерживается с помощью встроенных программных и аппаратных средств, согласованную работу которых обеспечивает эксплуатационный канал EOC HDSL,

входящий в сигнал HDSL и образованный специальными служебными битами его цикла.

Доступ ко всем сервисным функциям модема осуществляется с помощью программы компьютера, выполняющего функции терминала, или под управлением SNMP. При этом можно организовать *контроль текущего состояния* перечисленных ниже параметров как системы HDSL в целом, так и тракта каждой подсистемы HDSL, работающей по отдельной паре. Проверке подлежат:

- Качественные показатели тракта, включая количество поражённых ошибками секунд ES, количество секунд неготовности US, количество секунд, поражённых ошибками SES (то есть секунд, в которых коэффициент ошибок достигнет или превысит величину $1 \cdot 10^{-3}$), количество ошибочных информационных блоков на удалённом конце FEBE, переданных удалённым модемом линии HDSL. Перечисленные параметры определяются на основе рекомендации МСЭ-Т G.826 в течение текущего 15-и минутного и текущего 24-х часового интервалов. В случае обнаружения дефектов передачи в течение первых 24 часов, необходимо, в соответствии с рекомендацией МСЭ-Т M.2100, провести 7-суточный прогон системы передачи с целью выявления причин и устранения обнаруженных дефектов.

- Коэффициент ошибок, определяемый на основе циклического кода CRC.
- Затухание симметричных пар отдельных подсистем HDSL.
- Затухание испытательного сигнала.
- Уровень шумов в дБ относительно эталонного уровня шума, регламентированного стандартом ETR-152 ETSI, при отсутствии сигнала в тестируемой паре. Шумовые характеристики конкретной пары необходимо тестировать в следующих режимах:

- импульсные помехи (рекомендация O.71),
- широкополосные шумы (рекомендация O.41),
- отношение сигнал/шум и возвратные потери или потери на отражение.

Для увеличения эффективности измерений необходимо при тестировании использовать фильтры, соответствующие выбранной технологии (ADSL, ADSL 2+, SHDSL и т. п.). Наличие подобных фильтров гарантирует соответствие проводимых измерений частотному диапазону конкретной технологии DSL.

- Правильность подключения симметричных пар и возможность автоматической коррекции неправильного соединения.
- Запас помехоустойчивости аппаратуры.
- Режим синхронизации (внутренняя, по восстановленному принимаемому сигналу, внешняя).
- Состояние систем дистанционного и местного электропитания.
- Результаты измерения шумов и затухания отдельной пары, которые позволяют оценить эксплуатационные запасы системы HDSL.

Кроме того, в большинстве современных модемов HDSL предусмотрена возможность организации измерительных шлейфов, которые позволяют локализовать место повреждения линии. Контроль линии производится путём поэтапного определения величины коэффициента битовых ошибок (BER) при прохождении испытательного сигнала по организованному на линии шлейфу. Измерения проводятся с помощью встроенных в модем узлов генератора псевдослучайной последовательности (ПСП) $2^{15} - 1$ и устройства сравнения, позволяющего сравнивать переданную и принятую ПСП и фиксировать моменты их несовпадения. Любое различие битов переданного и принятого двоичного сигнала считается ошибкой и фиксируется счётчиком ошибок. В случае превышения нормированного значения величины коэффициента ошибок, можно сделать вывод о наличии на данном отрезке линии, ограниченном установленным шлейфом, какого-либо дефекта или аномалии аппаратуры или кабеля.

Для окончательной локализации места повреждения необходимо провести более подробное исследование аппаратуры и измерения параметров кабеля. Вместе с тем, если оборудование DSL включает в себя подобную функционально законченную измерительную систему, то её можно считать достаточной для оценки параметров линии DSL в процессе её настройки, эксплуатации и технического обслуживания. На этих этапах можно отказаться от применения специализированных дорогих измерительных приборов.

Как уже упоминалось выше, в настоящее время в распоряжении операторов связи имеется достаточно большое количество типов приборов для тестирования различных параметров медных линий, поэтому одним из ключевых моментов эксплуатации цифровых систем является правильный выбор измерительного оборудования. Наиболее удобным представляется прибор, сочетающий в себе все или хотя бы большую часть измерительных функций, необходимых для эксплуатации линий DSL. Одним из наиболее удачных представителей подобного класса аппаратуры является тестер цифровых медных линий «HST-3000» производства компании Acterna. Он предоставляет все необходимые возможности тестирования медной пары в сочетании с большим количеством дополнительных функций.

Тестирование всего тракта передачи данных, включая выход в Интернет или другую цифровую сеть, должно проводиться после включения модема и присоединённого к нему компьютера. Компьютер должен быть сконфигурирован в соответствии с требованиями Интернет-провайдера, выбранного оператором. На этом этапе может потребоваться ввести в компьютер постоянный или динамический IP-адрес абонента. Крайне важно, чтобы техник, занимающийся установкой оборудования DSL, хорошо владел навыками работы с персональным компьютером. Для этого может потребоваться консультация с персоналом технической поддержки Интернет-провайдера. Если IP-адрес указан правильно, полное функционирование системы может быть проверено с помощью стандартного Интернет-браузера (типа Internet Explorer или Netscape Navigator). Необходимо также убедиться, в правильной загрузке страницы Интернета.

После завершения конфигурирования канала связи необходимо получить подтверждение синхронизации оборудования абонента с DSLAM. Для этого используется индикатор синхронизации, размещаемый на передней панели внешнего модема, или соответствующая «иконка» в окне программы для встроенного модема. Вследствие разнообразия методов и средств индикации состояния аппаратуры, на этом этапе необходимо воспользоваться информацией, приведенной в инструкции, прилагаемой к модему.

И, наконец, не следует забывать о проверке функционирования обычной телефонной связи. Такая проверка производится по типовой методике штатными приборами. Несмотря на многообразие предлагаемых операторами услуг, сохранение аналогового телефонного канала является гарантией устойчивой работы сети.

В заключение, необходимо сказать, что современные приборы позволяют тестировать не только параметры DSL-потока, но и параметры самой пакетной сети, включая наложенные сети VoIP и IP Video. (См. рис. 7). В этом случае проводится тестирование качества работы такой сети, определяются параметры QoS, статистика передачи пакетов (потери и задержки пакетов, джиттер и т. п.) с учетом предоставляемого сервиса, проводится измерение относительных параметров качества передачи голосовых пакетов и потокового видео (MOS, R-фактор и т. д.).

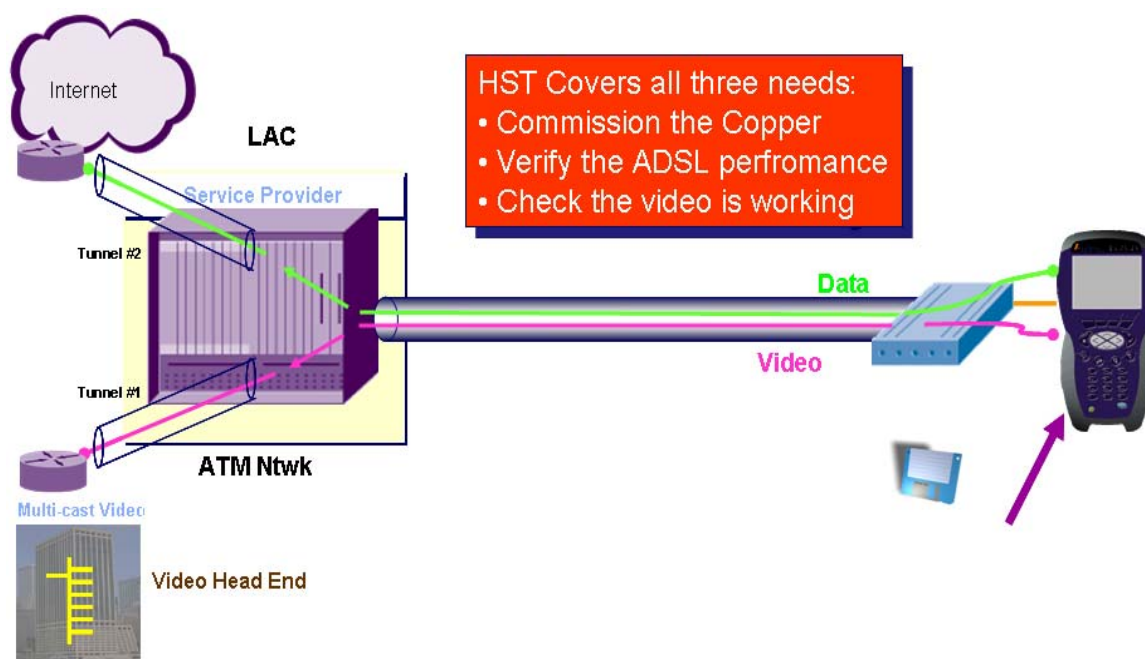


Рис.7: Тестирование участка сети высокоскоростного абонентского доступа.

Таким образом, правильно выбранная стратегия и тактика тестирования цифрового широкополосного доступа позволяют поднять качество предоставляемого сервиса, а также заблаговременно избежать или быстро устранить проблемы, возникающие при его предоставлении.

Все перечисленные выше параметры и сценарии измерений и определяют тот спектр тестового оборудования, который должен использоваться на сетях следующего поколения (NGN), построение которых тесно связано с проблемами внедрения новых технологий цифрового доступа. Для строительства, паспортизации и эксплуатации NGN требуется следующее контрольно-измерительное оборудование:

1. Анализаторы транспортных потоков с возможностью тестирования наложенной пакетной сети и анализа современных мощных цифровых потоков (DWDM, NewGen SDH, MPLS, 1/10 G Ethernet и др.);

2. Тестеры или анализаторы систем доступа с возможностью эмуляции потоков и моделирования запросов дополнительных услуг для полного анализа качества предоставляемого абоненту сервиса;

3. Анализаторы пакетных сетей с функциями тестирования и эмуляции VoIP для верификации протоколов передачи данных и управления информацией, анализа работы серверов приложений, определения качества сеансов связи VoIP;

4. Анализаторы-имитаторы протоколов сетей стандартной телефонии (TDM) и VoIP для тестирования правильности функционирования пограничных устройств, медиашлюзов и конвертеров сигнализации;

5. Приборы для тестирования среды распространения сигналов. Здесь может быть любое необходимое тестовое оборудование для контроля оптики, медных пар, радиоканалов, кабельной разводки, то есть той среды, которая является основой построения высокотехнологичных сетей.

Сегодня на рынке представлено большое количество приборов, отвечающих перечисленным выше требованиям и работающих в определенных сегментах NGN. Приведем некоторые из них, дав краткие характеристики и определив направления их использования. Основные материалы об этом оборудовании почерпнуты из публикаций, рекламных материалов и инструкций по эксплуатации приборов. В настоящее время имеет место большой выбор тестовых решений для организации контроля

транспортных сетей. Это оборудование производят такие известные зарубежные корпорации, как «Acterna», «Aligent», «ExFo», «Anritsu» и другие. Специально для сетей NGN разработаны сетевые тестеры «ONT-506» и «ONT-512» {Acterna}.

Тестеры имеют модульную структуру, и могут быть сконфигурированы под различные задачи и технологии. Среди их интерфейсов: SDH (STM-1 - STM-64), DWDM, 1/10/40G Ethernet и другие. Приборы решают задачи тестирования и паспортизации потоков NewGen SDH и Ethernet.

Схожие функции имеет анализатор «MP1590B» (Anritsu). Многофункциональный тестер «N2X» (Aligent) решает еще больший круг задач контроля пакетной передачи данных в транспортных сетях. Среди его приложений - тестирование NewGen SDH и Ethernet до 40G, MPLS. Прибор позволяет оценивать параметры QoS пакетных сетей, тестировать Multicast Services. «N2X» не позволяет тестировать, однако, системы DWDM. В этом сегменте представлены и другие решения. Во-первых, это несколько видов универсальных тестовых платформ, сочетающих измерения цифровых сетей SDH, SONET, Ethernet с возможностями тестирования оптических кабелей. Среди таких платформ следует упомянуть «MTS-8000» (Acterna) и «FTB-400» (Exfo). Оба прибора реализуют большое количество процедур анализа оптики, включая проверку оптического волокна на пригодность для разворачивания высокоскоростных систем передачи цифровых сигналов. Однако, «MTS-8000» реализует большее количество функций анализа транспортной среды NGN, что объясняется большим набором интерфейсов. Во-вторых, разработаны и поставляются портативные анализаторы сетей Ethernet, такие как «PST-2802» (Acterna). При малых габаритах и сравнительно низкой цене прибор реализует достаточно широкие функциональные возможности, среди которых анализ и генерация IP-трафика, анализ VPN, VoIP и другие.

Пожалуй, наибольшим выбором тестового оборудования представлен в сегменте доступа. Только перечисление тестеров xDSL, может занять достаточно много времени, поэтому ограничимся небольшим количеством примеров. Универсальный тестер доступа «HST-3000» (Acterna) позволяет тестировать все виды DSL систем (включая самые последние разработки). Кроме того, он имеет функции анализа Ethernet эмуляции IP-телефона с возможностью анализа качества VoIP (вычисление R-фактора), опции тестирования IP Video и эмуляции STB, то есть полной верификации услуг Triple Play. Универсальная платформа «SunSet MTT» (Sunrise) также предназначена для тестирования сетей доступа и может поставляться с блоками эмуляции и анализа различных DSL-систем и сетей IP. Кроме того, прибор может быть оборудован даже модулями OTDR (с ограниченным динамическим диапазоном), а также опциями тестирования протоколов сетей доступа (ISDN, Q.SIG, V.5).

Среди специализированных анализаторов пакетных сетей следует выделить два устройства, имеющие схожие функции и возможности - это «Performer Analyzer» (RADCOM) и «DA-3400/3600» (Acterna). Эти анализаторы имеют возможность полнофункционального тестирования всех действующих протоколов сетей передачи данных, встроенные экспертные системы, позволяющие значительно сократить время анализа собранной информации. Приборы оборудованы возможностями генерации трафика и анализа сетей VoIP, включая расчет MOS-факторов.

Для тестирования пограничных устройств NGN сегодня применимы многие достаточно хорошо известные анализаторы сигнализации. Среди основных можно выделить: «8630» (BitGate). «SNT-7531» (Экран), «AnyTestE1» (LinkBit) и некоторые другие. Все эти анализаторы кроме стандартного набора телекоммуникационных протоколов (SS7, ISDN, V5, GSM, GPRS и др.) имеют опции анализа сетей VoIP, что позволяет использовать их для тестирования медиапотоков. Прибор «AnyTestE1», кроме того имеет встроенные программные функции определения PESQ для анализа качества передачи голосового трафика в IP сетях.

Итак, сегодня существует достаточно богатый выбор оборудования тестирования различных приложений NGN, использующих технологии DSL. Более того, подчас новые приборы или новые возможности существующих приборов появляются чуть ли не раньше внедрения тех технологий и оборудования, для которых они рассчитаны. Так было с ADSL2+ и NewGen SDH. Поэтому, подводя итог выше сказанному, можно смело надеяться, что технологии измерений будут идти в своем развитии рука об руку с телекоммуникационными технологиями, и всегда будет существовать широкий выбор анализаторов, отвечающих последним стандартам и сетевым решениям.

Как правильно выбрать технологию DSL для реконструкции кабельной линии? Какими критериями следует руководствоваться?

Что, по Вашему мнению, правильнее: «вытягивать» старые кабельные линии по новые технологии, или радикально менять всю сетевую инфраструктуру?

Как часто Вы сталкиваетесь с ошибками и просто небрежностью монтажа? Что делать, чтобы их стало меньше?

Ваши «любимые» приборы? Их достоинства и недостатки.

Вы доверяете или не доверяете рефлектометру? Почему?

У какого варианта модернизации сетей лучшие перспективы: внедрение DSL или переход на ВОЛС?