

Опыт организации и проведения строительства гибридных (оптико-коаксиальных) интерактивных телевизионных кабельных сетей: заметки профессионалов

Песков С.Н., гл. конструктор ЗАО "В-Люкс"
Таценко В.Г., гл. инженер ЗАО "В-Люкс"
Шишов А.К., ген. управляющий ЗАО "В-Люкс"

Еще десятилетие назад режим приема и раздачи телевизионных сигналов "антенна на подъезд" господствовала в России практически повсеместно, за исключением Москвы и Ленинграда. Однако уже в 1992-93 гг., с появлением частных кабельных операторов, такая система начинает понемногу отмирать, уступая дорогу крупным системам коллективного телевизионного приема.

Сначала это были сети, построенные исключительно на коаксиальных кабелях. Однако природа коаксиального кабеля такова, что линию длиной более 1-3 км "прокачать" невозможно. Такая длина линии соответствует "кластеру" с числом абонентов 3-10 тыс. Но ставить головные станции в каждом микрорайоне экономически невыгодно. Гораздо эффективнее установить одну станцию с высокими техническими характеристиками и через нее транслировать сигнал на большое число абонентов. Единственное препятствие - коаксиальный тракт передачи. Потери в коаксиальном кабеле не позволяют с помощью одной станции охватить крупные жилые массивы.

Проблема все-таки разрешилась. Связисты к тому времени уже имели десятилетний опыт в использовании волоконно-оптических кабелей для передачи широкополосных сигналов на большие расстояния. Так родились гибридные (оптико-коаксиальные), телевизионные кабельные системы (англ. Hybrid Fiber Cable - HFC). В Европе их строительство и производство соответствующего оборудования началось в начале 90-х гг. минувшего века.

Без ложной скромности скажем, что авторы были одними из первых, кто обратил внимание телевизионных кабельных операторов на HFC-телевизионные сети. Публикация "Интегрированная интерактивная оптико-

коаксиальная система кабельного телевидения на основе оборудования фирмы Hirschmann" в № 10 за 1997 г. журнала "Телеспутник" была первой статьей на эту тему для специализированных изданий. А доклад А.К. Шишова, посвященный перспективам внедрения гибридных сетей в России, был сделан еще раньше - на второй Международной конференции "Проблемы строительства широкополосных телевизионных кабельных сетей", приуроченной к выставке "Связь Экспоком-1996" в мае 1996 г.

Наша организация с самого начала своей деятельности старалась выступить в роли системного интегратора. Мы не только поставляли оборудование, но и разрабатывали проекты и строили кабельные сети. Правда, наш опыт ограничивался строительством хотя и больших, но исключительно коаксиальных систем.

В начале 1997 г. перед нами встала задача реализации собственных проектов гибридных сетей. Одной из первых нами была спроектирована гибридная сеть на 23 тыс. абонентов в г. Сарове. Руководство телекомпании "Спектр" обратилось к нам с просьбой построить оптическую часть сети. С этого времени мы начали работать в качестве "оптиков". В этой статье нам хотелось бы поделиться своим 5-летним опытом с теми, кто только еще собирается включить в сферу своей деятельности строительство волоконно-оптических линий связи. Статья будет любопытна тем компаниям, которые, подобно нашей, занимались лишь коаксиальными сетями, однако убедились, что потребности времени диктуют необходимость комплексного решения проблемы.

Итак, прежде всего строительство волоконно-оптических линий требует специальной подготовки инженерно-технического персонала. В компании нужно создать подразделение, инженерный состав которого должен иметь специальное образование в области волоконно-оптической техники. Оптические кабели, соединители, фотоприемники и излучатели - оборудование специфическое, и, имея лишь общее радиотехническое образование, освоить его полностью трудновато. Кроме того, монтаж оптических кабелей и кроссов также во многом отличается от монтажа традиционных коаксиальных кабелей и ответвителей. Поэтому необходимо провести дополнительную спецподготовку сотрудников - монтажников оптического оборудования. На сегодня у нас в организации работают шесть кандидатов и два доктора технических наук, из них несколько человек занимаются вопросами волоконно-оптической техники еще с кон-

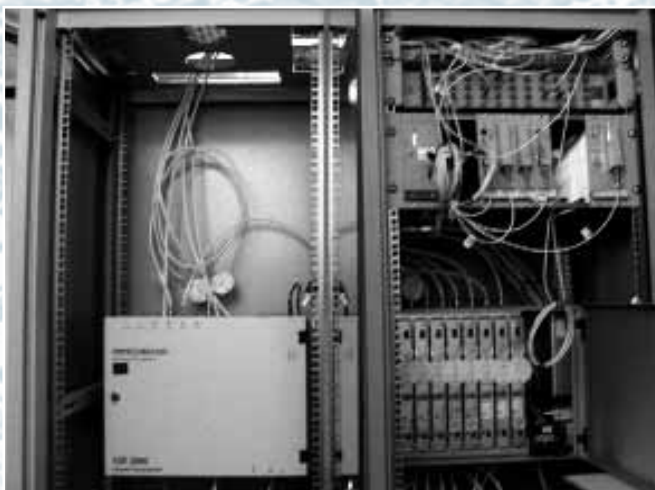


Рис. 1. Головная станция, блок оптических передатчиков и приемников реверсного канала, смонтированные в офисе одной из московских компаний

ца 80-х гг. Это позволило в кратчайшие сроки обучить персонал и укомплектовать необходимое измерительное и монтажное оборудование.

Если вы решили заняться "оптикой", имейте в виду: предстоят большие предварительные расходы. Оптические измерительные приборы почти на порядок дороже радиотехнических. Качественный оптический тестер стоит примерно столько же, сколько и Hirschmann UPM 3300, не говоря уже о рефлектометре или спектрометре. Поэтому прежде чем приобретать оборудование, следует провести тщательный маркетинг.

Приобретая оборудование, следует избегать ненужной экономии "на спичках". Оптическое оборудование - вещь дорогостоящая, однако и прибыль оно дает немалую. Поэтому целесообразно закупить такое, которое не только позволило бы решать задачи, стоящие перед организацией в данный момент, но и допускало бы его последующую модернизацию. А такое оборудование, как правило, весьма недешево.

Мы, например, предварительно неоднократно проконсультировавшись со специалистами, имеющими опыт работы по строительству ВОЛС, остановили свой выбор на измерительных приборах фирмы EXFO (Канада) и сварочном оборудовании Fujikura. Рассматривалось несколько вариантов комплектации. Поскольку в соответствии с действующими нормативами рефлектограмма не является обязательной при сдаче линии в эксплуатацию, то можно было ограничиться приобретением только многоволнового источника излучения и измерителя оптической мощности. Это был бы самый дешевый вариант.

Можно было бы приобрести несколько комплектов оптических тестеров (оптический тестер - прибор, включающий и излучатель, и измеритель оптической мощности). Однако, учитывая перспективы развития этого направления деятельности компании, мы приняли решение закупить весь комплект приборов: и рефлектометры, и измерители оптической мощности, и оптические тестеры. Было принято решение все оборудование приобрести у одного производителя. Методом сравнения выяснили, что фирма EXFO предлагает самую полную номенклатуру измерительных приборов при вполне приемлемых ценах. Важным достоинством было наличие сертификатов и сервисной поддержки. В отношении выбора производителя сварочного оборудования колебаний не было: японская фирма Fujikura прекрасно зарекомендовала себя на российском рынке, и вопрос стоял только о том, какой аппарат покупать. В итоге были приобретены аппараты последней модели серии FSM.

Измерительное оборудование

Какие параметры линии влияют на выбор прибора? Спектральный диапазон. Поскольку основное направление нашей деятельности - это строительство магистральных линий, то закупались приборы, работающие в двух основных диапазонах: 1,31 мкм и 1,55 мкм.

Динамический диапазон. В городах протяженность линии редко превышает два десятка километров, поэтому был выбран рефлектометр с динамическим диапазоном 35/29 дБ на длинах волн 1,31 мкм и 1,55 мкм соответственно.

Тип излучателя: светодиод или лазер. Этот фактор влияет как на выходную мощность, так и на ширину линии излучения, при этом светодиодные излучатели дешевле.

При выборе измерителей мощности для строительства телевизионных линий следует обратить особое внимание на верхний предельно допустимый уровень измеряемой оптической мощности. Дело в том, что телевизионные оптические передатчики имеют достаточно высокую выходную мощность - до 25 dBm. И для того чтобы проверить их работоспособность, необходим приемник с соответствующим верхним порогом. Можно, конечно, использовать и оптический аттенуатор, при этом для повышения точности измерений необходимо, чтобы он был цифровой. Но это весьма дорогостояще. Требования к чувствительности измерительных приемников в телевизионных линиях невысоки. Нижний порог у приемников современных оптических узлов не опускается ниже -10 dBm. Однако если предполагается строить и чисто связные линии, то нижний порог должен быть не хуже (-40) dBm.

Фирма EXFO выпускает практически весь спектр приборов, необходимых при строительстве современных высокоскоростных волоконно-оптических линий передачи. Но поскольку внедрение WDM- и DWDM-технологий в ближайшее время в телевизионных сетях не ожидается, мы исключили из рассмотрения различные спектрографы и оптические анализаторы спектра и сосредоточились на рефлектометрах, измерителях оптической мощности и тестерах. EXFO производит три модели рефлектометров: FTB 100, FTB 300 и FTB 400.

FTB 100 - это мини-рефлектометр с достаточно широкими функциональными возможностями. В него может быть встроен измеритель оптической мощности.

Мини-рефлектометр FTB 100 позволяет тестировать оптические волокна во всех областях их применения - от глобальных и WDM-сетей до сетей городского масштаба, локальных и корпоративных сетей.

В число сменных измерительных модулей к FTB 100



Рис. 2. Инженер-монтажник Гагин В.В. приваривает пигтейл в распределительном шкафу оптического узла кабельной сети г. Сосновый Бор

входят одномодовые модули для четырех длин волн (1310, 1550, 1625 и 1410 нм), а также ряд многомодовых модулей. Каждый оптический модуль снабжен стабилизированным источником света и визуальным детектором повреждений (под заказ). Широкий динамический диапазон FTB 100 с короткими мертвыми зонами отвечает самым жестким тестовым требованиям. Рефлектограммы состоят из большого числа точек (до 52000), обеспечивая FTB 100 разрешающую способность до 8 см.

Универсальная измерительная система FTB 300. Этот компактный, удобный прибор чрезвычайно эффективен для тестирования волоконно-оптических линий связи, особенно в полевых условиях при монтаже, приемке, техническом обслуживании и устранении неисправностей.

На платформу FTB 300 можно установить до 3-х различных измерительных модулей, которые легко заменяются в полевых условиях. Система имеет архитектуру персонального компьютера и работает под операционной системой Windows 95.

С помощью сменных модулей системы FTB 300 можно провести всестороннее тестирование линий связи, от измерения мощности и рефлектометрии до оптического спектрального анализа.

Система FTB 400 имеет два исполнения: с двумя и семью слотами под сменные модули. Компактная 2-слотовая FTB 400 удобна при монтаже и техническом обслуживании волоконно-оптических линий связи, когда требуются лишь оптический рефлектометр и анализатор оптических потерь. Модель FTB 400 с семью слотами предназначена для всестороннего тестирования систем DWDM с использованием анализатора оптического спектра OSA и многомодового измерителя MWM, измерения PMD и тестирования систем с большим числом волокон с использованием оптических рефлектометров и оптических переключателей. Все модули легко заменяются в рабочих условиях. Система FTB 400 оснащена процессором Pentium II. Новая версия пакета программ ToolBox 6.0 под ОС Windows 2000 позволяет одновременно выполнять тестирование волокон, обработку данных и вспомогательные приложения. В FTB 400 значительно улучшено автоматическое управление питанием, благодаря чему автономная работа в полевых условиях стала еще более эффективной. Помимо этого, она позволяет проводить:

- мониторинг и техническое обслуживание волоконно-оптических сетей;
- тестирование магистрального передающего оборудования DWDM SDH;
- контроль стыков и сварок в протяженных волоконно-оптических линиях связи;
- монтаж оптических волокон с ненулевой смещенной дисперсией;
- строительство и обслуживание пассивных оптиче-

ских сетей доступа PON;

- тестирование линий связи Gigabit Ethernet на уровне протокола передачи.

В систему FTB 400 устанавливается более 60-и видов измерительных модулей: оптические рефлектометры, измерители мощности, оптические переключатели, многоволновые измерители, анализаторы спектра и PMD, анализатор канала Gigabit Ethernet. Семейство модулей постоянно растет с появлением новых технологий и методов тестирования в отрасли телекоммуникаций.

FTB 400 - это не просто рефлектометр, а специализированная измерительная платформа, допускающая одновременную установку самых разных приборов: оптического анализатора спектра, рефлектометра, оптического тестера или измерителя мощности. Причем в зависимости от предполагаемых условий работы это могут быть приборы, работающие в различных участках спектра, с различным динамическим диапазоном и чувствительностью.

Начальный этап работ на оптических кабелях не предполагал обязательного приобретения всех комплек-

тующих элементов, и мы ограничились приобретением следующих приборов: рефлектометра с лазерными излучателями на 1,31 мкм и 1,55 мкм и динамическим диапазоном 35/29 дБ на этих длинах волн, позволяющим проводить тестирование одномодовых и многомодовых волокон оптическим тестером FOT 922 с лазерными излучателями на длины волн 1,31 мкм и 1,55 мкм; измерителя оптической мощности, калиброванного на длинах волн 0,85 мкм, 1,31 мкм и 1,55 мкм.

Кроме этого были приобретены еще отдельные тестеры FOT 922 и оптиче-

ские телефоны для связи с монтажником по свободным оптическим волокнам. Сейчас мы достаточно глубоко освоили измерительное оборудование EXFO и можем оказывать помощь как в его освоении, так и при покупке по самым удобным ценам.

Монтажно-технологическое оборудование. Его основой является аппарат для сварки оптических волокон. Мы недолго колебались, прежде чем сделать выбор. Было принято решение приобрести самую последнюю и наиболее совершенную модель фирмы Fujikura - сварочный аппарат FMS 40S.

Полностью автоматический сварочный аппарат FSM 40S сочетает в себе надежность предыдущей модели FSM 30S с последними достижениями в области высоких технологий. FSM 40S обладает рекордным быстродействием, компактностью и точностью оценки потерь в сварном соединении.

Программное обеспечение позволяет проводить сварку всех применяемых в ВОЛС на сегодняшний день типов волокон.



Рис. 3. Комплект сварочного и измерительного оборудования, использовавшегося при монтаже оптической сети в г. Сосновый Бор

Автономное питание, возможность работы в диапазоне от минус 10°C до плюс 50°C и усиленная защита от ветра гарантируют получение сверхнизких потерь в полевых условиях.

FSM 40S имеет русифицированное меню экранных команд и поставляется с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации на русском языке.

Сильно обогатили опытом измерительный сектор нашей компании специалисты из "Комкор ТВ" во время совместных работ по ликвидации последствий аварии на Останкинской телебашне, когда столица осталась фактически без телевидения. Тогда было принято решение: максимально задействовать имеющиеся волоконно-оптические линии компании "Комкор ТВ", протянутые по всей Москве, а при необходимости проложить новые в районы, не охваченные сетью "Комкор ТВ", по этим линиям передать сигналы с телебашни, а во всех микрорайонах установить оптические приемники и головные станции для трансляции ТВ-программ по районным коаксиальным сетям. Из-за большого объема предстоящих работ, руководство "Комкор ТВ" обратилось к руководству нашей фирмы с просьбой выделить специалистов для участия в прокладке оптических кабелей и контроле над их параметрами. Во время этих работ нашим монтажникам пришлось работать не только на приборах EXFO, но и с измерителями ANDO, Wavetek и других фирм (у "Комкор ТВ" довольно широкая номенклатура измерительных приборов).

Теперь немного о тех проблемах, которые возникают собственно при монтаже оптического оборудования. Здесь можно снова упомянуть о вреде "копеечной экономии". При монтаже сети в г. Сарове руководство компании приняло решение самостоятельно закупить пачкорды - отрезки волокна, соединяющие волокно кабеля с кроссовым оборудованием. Купили те, что подешевле. Подключили оптические передатчики к сети. Сигнала на приемных оптических узлах нет. Решили, что передатчики неисправны, а затем долго искали неисправность. В итоге нам пришлось заново приобрести и приварить более качественные пачкорды волоконно-оптической техники, и тогда все заработало.

Как правило, большинство компаний, заказывающих строительство гибридных сетей, стараются максимум работ сделать своими силами. При этом подрядчику остается только собственно "оптика", то есть сварка кабеля и шефмонтаж по настройке передатчиков и приемников. Так было при строительстве сети Нефтеюганского завода по ремонту радио- и телевизионной аппаратуры. Нам "осталась" только сварка кабельных пигтейлов и паспортизация линии. Можем констатировать, что вопреки тому, что работы проводились в зимнее время, а Нефтеюганск находится в Сибири, - контрольное и сварочное

оборудование работало нормально.

Оптические линии предъявляют более высокие требования к культуре монтажа, чем коаксиальные. Если динамический диапазон сигнала на входе телевизора более 25 дБ, то у оптического приемника он не превышает 5-7 дБ. Соответственно и более высокие требования к точности монтажа. Так, на одном из объектов в Москве необходимо было проложить оптическую линию от небольшой гостиницы до офисного здания. Длина оптического кабеля 1640 м. Головная станция установлена в гостинице. Сеть проектировалась для передачи 32-х аналоговых телевизионных программ и цифровых пакетов. Хотя прокладывался 16-жильный оптический кабель, для телевидения было задействовано только четыре волокна - одно рабочее и три резервных в предположении активации обратного канала. В нашу задачу, кроме монтажа собственно телевизионного оборудования - головной станции, усилителей, пассивных распределительных элементов - входило установить кроссовое оборудование в обоих зданиях, приварить пигтейлы на кроссах, провести рефлектометрию кабеля. После этого следовало проверить функционирование всей системы в целом. Измеренное

затухание в сварных стыках не превысило 0,05 дБ. Но при проверке функционирования линии возникли странные явления. Хотя рефлектограммы говорили о том, что все рабочие волокна кабеля целы, однако измерение уровня сигнала на входе оптического приемника показывало дополнительные, по сравнению с проектом, потери в 12-13 дБ. Мы около часа искали причину, пока не выяснили, что в помещении, где была установлена ГС, недавно проводилась уборка, а оптические разъемы были оставлены открытыми. В результате пыль

осела на разъемах, и затухание в них резко возросло. Протерли спиртом - и все пришло в норму...

При комплектовании оборудованием монтажного управления у нас не было сомнений: приобретать или нет телефоны для связи по волокну. Решение оказалось верным. Для паспортизации оптической линии необходимо представить протоколы измерений полных потерь в каждом волокне кабеля. При этом очень часто работы ведутся в помещениях, недоступных для мобильной связи. И мы убедились в этом, проводя работы по паспортизации оптической кабельной сети телекомпании "С.-Петербургского кабельного телевидения", пионера в строительстве гибридных сетей в Санкт-Петербурге. Если бы не оптические телефоны, эта работа заняла бы времени в три раза больше, чем на нее было затрачено. Сейчас телекомпания "С.-Пб КТВ" проводит работы по дальнейшему разукрупнению коаксиальных сетей и строительству гибридных кластеров.



Рис. 4. Один из самых опытных монтажников оптического оборудования инженер-установщик Биза Г.В. проводит с помощью рефлектометра контроль качества сварки пигтейлов с оптическим кабелем на головной станции

При монтаже крупных оптических сетей требуется проводить входной контроль всего оборудования - от оптических передатчиков до пачкордов, соединяющих волокна кабеля с кроссовыми стойками, без учета брендов фирм-производителей. Выше уже отмечался характерный случай с пачкордами в Сарове. Аналогичная ситуация имела место в Дубне. А в Новомосковске Тульской области подня искикали место обрыва магистрального кабеля от передатчика к первому оптическому узлу. Рефлектограмма показывает, что все в норме, а уровень сигнала на входе оптического приемника на 12 дБ ниже паспортного. Передатчик почтенной немецкой фирмы, и подозревать его, по меньшей мере, странно. Тем не менее, проверили выходной сигнал, и оказалось, что, действительно, уровень на 12 дБ меньше паспортного. Пришлось заменить на передатчик уже другой почтенной немецкой фирмы - Hirschmann.

Иногда происходят случаи прямо-таки анекдотические. В одном из подмосковных городов сварку кабельных разъемов проводили специалисты нашей фирмы, а монтаж кроссового оборудования - местные связисты. И, несмотря на то, что в проекте был указан конкретный тип разъема на кабельном пачкорде, они на кроссе приварили пачкорд другого типа - такой, какой обычно используют в телефонии. Кабель с кроссом им удалось каким-то непостижимым способом состыковать. Проверяют сеть - сигнала нет. Пока выясняли причину, разбирались с проектом да приваривали новые пачкорды, прошло несколько дней...

Сварка оптических волокон, даже при теперешних автоматических аппаратах, тоже своего рода искусство. Но не всякий монтажник в нем искусен. Поэтому мы старались максимально расширить круг задействованных в

работах монтажников с тем, чтобы выявить наиболее способных. Мы включали в бригаду опытных монтажников одного-двух молодых и такого принципа придерживались постоянно - и при строительстве небольшой сети в Коломне, и в ходе почти двухмесячных работ в Сосновом Бору (Ленинградская обл.).

Монтаж больших сетей в Москве, Московской и Ленинградской областях подтвердил правильность нашего выбора производителей - как измерительных приборов, так и сварочного оборудования. Рефлектометры, измерители и тестеры EXFO позволяли быстро производить документированные измерения. Приборы удобны и приспособлены для работы практически в любых условиях. А сварочный аппарат FMS 40S выдерживает все тяготы и лишения полевой жизни.

И в заключение такие два момента. Прогресс в технологии строительства ВОЛС требует постоянного повышения уровня квалификации персонала. Внедрение уже в ближайшие годы технологий WDM и DWDM, появление на рынке кабелей с новыми типами волокон, новых измерительных приборов - все это заставляет почти ежегодно проводить дополнительное профобучение сотрудников монтажных подразделений.

Высокие скорости передачи, большие длины ретрансляционных участков приводят к тому, что энергетический потенциал системы становится очень напряженным. Очевидно, что требования к качеству сварных соединений, пачкордов и кроссов возрастают, а это напрямую связано с уровнем квалификации самих монтажников.

Таковы наши наблюдения, накопленные более чем за пять лет работы по строительству волоконно-оптических линий. Если у вас возникли вопросы, мы готовы на них ответить.

Специализированная
межрегиональная
ВЫСТАВКА

ИНФОКОМ

18 - 20
сентября
2002 г.
г. Казань

Организаторы выставки:

- Министерство связи РТ
- Выставочное предприятие "ЭРГ"
Татарстан, 420032, Казань, а/я 648, e-mail: erg@bancorp.ru
тел./факс (8432) 579-423, 552-112, 180-503, 180-741, 180-504
- Союз пользователей и операторов Интернет
Татарстан, 420061, Казань, а/я 25, e-mail: spoi@km-net.ru
тел. (8432) 434-299 доп.107, т/ф. (8432) 755-731

Информационная поддержка:

ПО ВСЕЙ СТРАНЕ