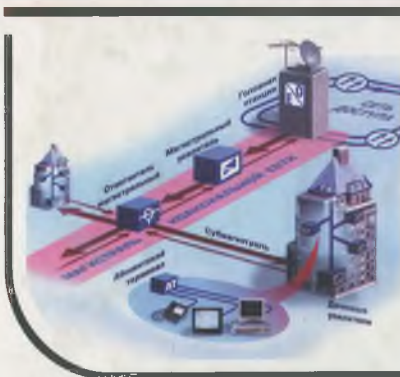


# ИНФРАСТРУКТУРА КАБЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

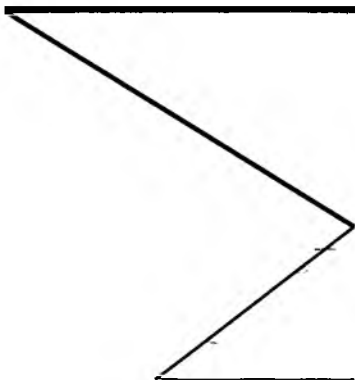


*Давид Гальперович, Юрий Яшнев*

---

# **ИНФРАСТРУКТУРА КАБЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ**

---



МОСКВА  
РУССКАЯ ПАНОРАМА  
2006

Издано при финансовой поддержке Федерального агентства по печати и массовым коммуникациям в рамках Федеральной целевой программы «Культура России»

Гальперович Д.Я., Яшнев Ю.В.

**Г17 ИНФРАСТРУКТУРА КАБЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ.** – М.: «Русская панорама», 2006. – 248 с.; вкл. с илл.; глоссарий. – (Серия «Профессионалы: просто о сложном»).

ISBN 5-93165-145-4

Эта книга – обобщение огромного опыта авторов (за плечами одного из них – 40-летний опыт работы в кабельной промышленности, а у другого – тысячи километров проложенных кабельных сетей). Представлены результаты экспериментальных исследований, проведенных в России по высокоскоростным проводкам, в том числе о достижении впервые полосы частот 200 МГц для неэкранированных кабельных систем.

*Часть 1* служит развернутым введением ко всей книге и описывает кратко средства связи – кабели и линии, каналы и сети, а затем скоростной доступ в Интернет – одно из основных приложений техники связи. Рассмотрены также локальные кабельные системы. *В части 2* описаны высокоскоростные кабельные системы (включая гигабитные проводки) в концепции «интеллектуального здания» для многоэтажных офисных построек; рассказывается об эволюции кабельных систем и ее связи с самой популярной на сегодня технологией Ethernet. *В части 3* рассмотрены принципы и приведены схемы информационной проводки для жилых домов, как многоэтажных зданий, так и особняков (коттеджей). В ней же описана передача телевидения по витым парам как альтернатива коаксиальной проводке, применяющейся обычно для этих целей. Завершает монографию русско-английский глоссарий, содержащий определения более двухсот терминов, используемых в современной технической литературе.

Для системных интеграторов, специалистов по кабельным системам, студентов и аспирантов вузов.

**ББК 60.54**

ISBN 5-93165-145-4

© Гальперович Д.Я., Яшнев Ю.В., 2006

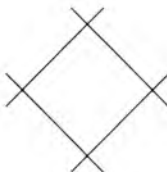
© Оформление. SPSSL, 2006

© «Русская панорама», 2006

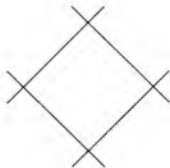
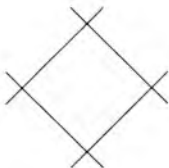
## СОДЕРЖАНИЕ

|   |            |
|---|------------|
| <b>Часть I. КАБЕЛИ, ЛИНИИ, КАНАЛЫ, СЕТИ .....</b>         | <b>5</b>   |
| Введение .....  | 6          |
| <b>Глава 1. Кабели и линии .....</b>                      | <b>9</b>   |
| 1.1. Кабели электрические .....                           | 9          |
| 1.2. Кабели оптические .....                              | 12         |
| 1.3. Линии связи .....                                    | 15         |
| <b>Глава 2. Каналы и сети .....</b>                       | <b>18</b>  |
| 2.1. Каналы связи .....                                   | 18         |
| 2.2. Сети связи .....                                     | 25         |
| 2.3. Цифровые магистрали России .....                     | 32         |
| <b>Глава 3. Скоростной доступ в Интернет .....</b>        | <b>36</b>  |
| 3.1. Высокоскоростные магистрали .....                    | 36         |
| 3.2. Скоростной доступ для пользователей .....            | 37         |
| 3.3. Скоростной доступ по абонентской линии .....         | 41         |
| 3.4. Скоростной доступ по сетям КТВ .....                 | 44         |
| 3.5. Доступ в Интернет через Ethernet .....               | 47         |
| <b>Часть II. ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ КАБЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ .....</b> | <b>49</b>  |
| Введение .....  | 50         |
| <b>Глава 4. Тенденции развития кабельных систем .....</b> | <b>52</b>  |
| 4.1. Первоначальная проводка для Ethernet .....           | 52         |
| 4.2. Структурированные кабельные системы .....            | 57         |
| 4.3. Стандарты на структурированную проводку .....        | 68         |
| <b>Глава 5. Кабельные системы Категории 5 .....</b>       | <b>74</b>  |
| 5.1. Структура проводки .....                             | 74         |
| 5.2. Четырехпарные кабели .....                           | 78         |
| 5.3. Соединительное оборудование .....                    | 88         |
| 5.4. Испытания проводки .....                             | 95         |
| <b>Глава 6. На пути к Категории 6 .....</b>               | <b>104</b> |
| 6.1. Международные предложения по Категории 6 .....       | 104        |
| 6.2. Новые виды медной проводки .....                     | 113        |
| 6.3. Экранировать проводку или нет? .....                 | 118        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>Глава 7. Гигабитная проводка .....</b>                    | <b>125</b> |
| 7.1. Параметры .....   | 125        |
| 7.2. Стандарты .....   | 129        |
| 7.3. Характеристики .....                                    | 132        |
| 7.4. Испытания .....   | 139        |
| <b>Глава 8. Развитие информационной проводки .....</b>       | <b>148</b> |
| 8.1. Четырехпарная проводка для 10 Гбит/с .....              | 148        |
| 8.2. Эволюция кабельных систем .....                         | 154        |
| 8.3. Ethernet и кабельные системы .....                      | 164        |
| <b>Часть III. МУЛЬТИМЕДИЙНЫЕ КАБЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ .</b>         | <b>175</b> |
| <b>Глава 9. Коаксиальная распределительная система .....</b> | <b>176</b> |
| 9.1. Широкополосная коаксиальная проводка .....              | 176        |
| 9.2. Коаксиальные кабели .....                               | 185        |
| 9.3. Разветвители и розетки .....                            | 195        |
| <b>Глава 10. Четырехпарная мультимедийная проводка .....</b> | <b>199</b> |
| 10.1. Дважды экранированная проводка .....                   | 199        |
| 10.2. Проводка для загородного дома .....                    | 205        |
| 10.3. Телевидение по витой паре .....                        | 212        |
| <b>Глоссарий .....</b>                                       | <b>220</b> |
| <b>Сокращения .....</b>                                      | <b>247</b> |



*Часть I.*



---

**КАБЕЛИ, ЛИНИИ, КАНАЛЫ,  
СЕТИ**

---

# Введение

Кабели, линии, каналы...

Даже в хороших статьях о компьютерных сетях эти понятия перепутаны, а в остальных... За примерами далеко ходить не надо. Статьи, написанные специалистами по компьютерам, сетевым протоколам, программным средствам, не оставляют сомнений в том, что их авторам еще предстоит хорошенько понять, где кабели, а где линии, что такое каналы связи, и чем все эти технические средства отличаются друг от друга.

Итак, мы имеем три уровня техники связи (не путать с семиуровневой моделью): кабели, линии и каналы. Промышленность изготавливает *кабели связи* (есть еще силовые, шахтные, экскаваторные, контрольные, авиационные...). По кабелям связи в Московском энергетическом институте целый год читают курс лекций, а двенадцать крупных заводов в СНГ их выпускают. Из этих кабелей специализированные строительные организации сооружают *линии связи* – по мнению многих, самые грандиозные по масштабам и вкладываемым средствам сооружения нашего времени, покрывающие весь земной шар. По линиям связи в Московском техническом университете связи и информатики (МТУСИ) отдельная кафедра не один год преподносит студентам свой предмет. Это – второй уровень техники связи. Третий уровень – каналы связи – создают по линиям связи при помощи сложной электронной аппаратуры. По этому предмету в МТУСИ ведут занятия и научную работу несколько кафедр.

В компьютерной литературе эти три понятия (кабели, линии, каналы) часто употребляются как синонимы. Большая путаница наблюдается сегодня при рассмотрении технических проектов, особенно их стоимости. Например, вместо строительства линии связи в проекте упоминается проброс кабеля между двумя территориями. А при этом нужно прорыть 500 метров траншей, установить и смонтировать два кабельных колодца, 10 кабельных муфт, пробить дыры в четырех стенах и двух фундаментных блоках, уложить 1000 метров труб, установить грозозащиту, смонтировать перчатки и т. д. Вот что может означать «проброс кабеля» вместо «линии связи».

Давайте же разберемся, где кабели, а где линии, как по ним организуют каналы связи и чем различаются сами эти каналы. Затем затронем сети связи.

Кабель связи – это длинное-длинное (оно так и называется – длинномерное) изделие электротехнической промышленности (т.е. не электронной и не компьютерной). Поэтому для компьютерщиков это изделие чуждое. В электротехнической промышленности производство кабелей – одно из современных и в то же время – самых материалоемких. В Самаре, например, есть довольно большой завод кабелей связи, а на других кабельных заводах имеются специализированные цеха. Одно время даже стоял вопрос о выделении кабельной промышленности в отдельную отрасль...

Крупные и тяжелые кабели связи предназначены для городских или междугородных магистралей, таких как Москва–Киев, Москва–Западная Европа. Зоновые (областные) линии строят на основе менее внушительных изделий. Иногда городские кабели связи – мажоранты с числом витых пар 2 400 и более. Обычный человек с трудом может представить себе производство таких гигантов. Особо сложные кабели – океанские.

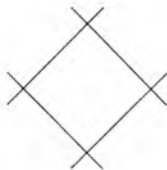
Из кабелей связи (и массы других вещей) строят линии связи. Даже прокладка линии внутри здания – задача достаточно серьезная. Причина 70–80 процентов отказов в системах связи, в том числе и в компьютерных сетях, – неисправности проводки. Длина линий связи колеблется от десятков метров до десятков тысяч километров. Они опутывают весь земной шар с такой плотностью, что на рисунках он напоминает кокон шелкопряда (или клубок ниток, если угодно). В любую более-менее серьезную линию связи, кроме кабелей, входят: траншеи, колодцы, муфты, переходы через реки, моря и океаны, а также грозозащита (равно как и другие виды защиты) линий. Очень сложны охрана, эксплуатация, ремонт линий связи; содержание кабелей связи под избыточным давлением, профилактика (в снег, дождь, на ветру, в траншее и в колодце, в реке и на дне моря). Невероятную сложность представляют юридические вопросы, включающие согласование прокладки линий связи, особенно в городе. Вот чем линия (связи) отличается от кабеля... Называть кабель связи линией – все равно что асфальт, еще в кузове самосвала, именовать готовой авто-страдой. Разница примерно такая же.

По уже построенным линиям организуют каналы связи. Причем если линию, как правило, строят и сдают сразу всю, то каналы вводят постепенно. Уже по линии можно дать связь, но такое использование крайне дорогостоящих сооружений очень неэффективно. Поэтому



применяют аппаратуру каналообразования (или, как раньше говорили, уплотнение линии). По каждой электрической цепи, состоящей из двух проводов, обеспечивают связь не одной паре абонентов (или компьютеров), а сотням или тысячам: по одной коаксиальной паре в междугородном кабеле может быть образовано до 10800 каналов тональной частоты (0,3–3,4 кГц) или почти столько же цифровых, с пропускной способностью 64 кбит/с. Любопытно, что по уже построенной линии связи число каналов, как правило, наращивают постепенно, иногда – несколько лет. Дело в том, что если линию связи запустить на полную мощность сразу, это будет, во-первых, страшно дорого, а во-вторых, никому не нужно: избыточные каналы некому будет использовать – не хватит нагрузки (или, как часто пишут, трафика). Поэтому число каналов увеличивают постепенно, устанавливая все более мощную аппаратуру каналообразования (иногда говорят – мультиплексирования, особенно применительно к цифровым каналам).

Итак, мы изготовили кабель (связи); затем, преодолевая неимоверные трудности, соорудили линию (связи), а уже по ней образовали столько, сколько нужно каналов (связи). Теперь линии и каналы надо завести на соответствующие узлы (связи). Линии, каналы и узлы образуют первичные *сети* (связи). Далее мы поговорим об этом более подробно. Когда все уже сделано, то теперь на основе каналов первичной сети, упомянутых выше (аналоговых и цифровых), можно приступать к организации разных вторичных сетей: телефонных, телеграфных, факсимильных, компьютерных и т. д.



# Кабели и линии

### 1.1. Кабели электрические

Обязательно поинтересуйтесь у человека, который произнес «...по обычным кабелям с медными жилами...», что именно он имеет в виду. Скорее всего, в ответ вы услышите что-нибудь типа «ну кто же не знает, что такое кабели, это же каждый школьник знает, чего же тут хитрого, любого спросите – он скажет» и т. д. На самом деле только специалисты-кабельщики знают, что кабелей связи имеется несколько десятков видов, сотни конструкций.

Но основных типов медных кабелей связи два: симметричные и коаксиальные. Название они получили по структуре направляющей, на базе которой сконструированы. Симметричные кабели в своей основе имеют скрученную пару (ее в компьютерной литературе чаще всего называют витой), которая в кабелях связи применяется, к удивлению многих, уже более 100 лет. Коаксиальные кабели в качестве базовой направляющей используют коаксиальную пару (иногда говорят – коаксиал), применяемую в кабелях связи с 30-х годов прошлого века.

Здесь уместно заметить, что с середины 70-х все более и более широко шагает по планете еще одна направляющая – оптическое волокно (оптоволокно), в виде оптических кабелей. Но поскольку этот тип кабелей связи стоит особняком (по нему передаются оптические, а не электрические сигналы), пока мы его оставим.

Наиболее распространенная сейчас витая пара скручена из медных проводников диаметром 0,5 мм. Провода пары имеют изоляцию из полиэтилена, поливинилхлорида или фторопласта (тефлона). Скручивают пары с различными шагами, обычно от 100 до 10 мм. Чем выше категория пары, тем короче шаги скрутки. В многопарном кабеле длина шага скрутки у разных пар разная. Волновое сопротивление таких пар, как правило, 100 Ом, но бывает и 120 Ом, и 150 Ом.

Коаксиальные пары для локальных сетей чаще всего имеют волновое сопротивление 50 Ом, для кабелей дальней связи – 75 Ом. Но встречаются локальные сети и на 93-омных коаксиалах, хотя теперь все реже.

Кроме названных, в шестидесятых–восьмидесятых годах разрабатывались и прошли испытания другие типы направляющих – волноводные и сверхпроводящие, но пока применения в линиях связи они не нашли. В современной технике связи повсеместно проложены симметричные и коаксиальные кабели и во все большем объеме кладут оптические. В некоторых странах почти весь объем нового строительства сооружений дальней связи идет на оптических кабелях.

Чтобы использовать эти типы направляющих, люди создали, наладили выпуск, проложили многие миллионы километров медных кабелей. Кабель отличается от направляющей (на основе которой он создан) примерно так, как готовая одежда отличается от ткани, из которой она пошита. Ведь кабель связи прокладывают в различных условиях: в земле, в болотах, в траншеях и трубах; подвешивают его на столбах и между зданиями; кладут в реках, морях и океанах. Кабели должны выдерживать (и в это время работать) дождь, снег, ветер, солнечный свет, радиацию; воздействие различных газов (кислород, углекислый газ); речную и морскую воду, морские волны, приливы и отливы; брошенные на них якоря морских и речных судов, удары лопат и сапоги солдат; вибрацию на мостах; удары молний; нашествия грызунов; тропические условия (высокую влажность и бактерии), морской туман; протягивание по дну морей и траншей; блуждающие в земле токи; пожары и другие стихийные бедствия. При многих из этих условий кабели связи испытывают, а затем они в таких (или подобных им) условиях работают. Самое время отметить, что первые кабели проложены более 150 лет назад. При этом есть кабели, работающие уже более 100 лет.

Само собой разумеется, кабель одной единственной конструкции все это выдержать не сможет. Поэтому созданы сотни, тысячи кабелей, а для их изготовления применяют десятки различных материалов: пластики – полиэтилен, фторопласт, поливинилхлорид – для изоляции и защитных оболочек; алюминий, свинец, стальные ленты и проволоки – для экранов и брони; джут, пропиточные компаунды, пластиковые ленты – для покрытий. Подвешивают кабели за встроенные в их оболочки стальные тросы высокой прочности. Все эти (и разные другие) материалы имеют множество модификаций, каждая из них обладает еще и своим, специфическим свойством. В кабельной промышленности – одной из самых крупных отраслей – для этого работают химики, физики, электротехники, электромеханики. В последнее время идет глубокая и разноплановая компьютеризация кабельного производства, во всех его составляющих.

Назначением кабеля определяется количество и состав направляющих в нем (витых пар и коаксиалов). Кабели для закрытых помещений не бывают очень крупными и тяжелыми: их было бы трудно прокладывать. Кроме того, этот вид кабелей не содержит толстых, сложных защитных оболочек и внешних покровов: в закрытых и защищенных местах этого не требуется. В полевых условиях, в земле прокладывают кабели с множеством направляющих: так, витых пар бывает до 2400 (и более), коаксиалов раньше встречалось до 22, но в последнее время больше 14 не бывает. Что касается защитных оболочек, то у полевых кабелей они исключительно сложны и многослойны.

Еще лет двадцать назад мы не выделяли особо кабели связи для помещений. С развитием компьютерных сетей требования к кабелям связи для помещений резко возросли – слишком велика ответственность этих систем, да и характеристики кабелей для информационных соединений намного выше, чем у применявшихся ранее.

До появления персональных компьютеров огромные потоки информации передавать не было нужды, поэтому и применялись простые, без особых претензий, кабели связи. Исключением были сети кабельного телевидения: в них передавались частоты до 300 МГц, а позднее – до 600 и 900 МГц. Ранее в информационных сетях потоки не превышали десятков-сотен килобит в секунду и легко передавались по достаточно простым кабелям. Последние годы потоки скачкообразно возросли до 100 Мбит/с – 1 Гбит/с, и конца этому стремительному взлету пока не видно.

Посмотрим, какие же кабели для систем телеинформатики прокладывают в зданиях. Для горизонтальных проводок чаще всего используют четырехпарный неэкранированный кабель из неэкранированных витых пар – так называемый UTP-кабель. Он выпускается для низкоскоростных приложений (Категории 3) и высокоскоростных (Категории 5), Категорий 6 и 7 для скоростей выше 1 Гбит/с. Вертикальные проводки можно выполнять подобными же кабелями, но специального (riser) исполнения, или многопарными (обычно до 25 пар) кабелями, что удобнее. В последнее время появились такие кабели Категории 5 (см. *рис. 1-А на цветной вкладке*).

Из коаксиальных для локальных сетей Ethernet чаще всего использовали кабели типа RG-58 (RG-58 A/U, RG 58 C/U) с диаметром по изоляции около 3 мм, но их применяют все реже. В старых проводках во множестве имеются многокоаксиальные кабели с волновым сопротивлением 93 Ом (типа RG-62), но сейчас они почти не применяются (см. *рис. 1-В на цветной вкладке*).

Вот что стоит за словами об обычных кабелях с медными жилами. По каждому из затронутых типов (симметричные и коаксиальные) существуют толстые монографии, есть учебные курсы.

## 1.2. Кабели оптические

Как только не называют их, эти кабели! И волоконно-оптические, и оптиковолоконные, и файбер-оптик, и даже ВОЛС. Между тем еще с начала семидесятых они носят красивое имя – оптические. И действительно, есть только два широких класса кабелей связи – *электрические* и *оптические*. (Это – как разделы физики: электричество и оптика, очень просто.) И передают они, соответственно, электрические и оптические сигналы.

Задуманы оптические кабели очень давно, но долгое время не было подходящих материалов. Наконец в начале 70-х годов, после многолетних и трудоемких поисков, было создано волокно с потерями света при передаче менее 20 дБ/км. С тех пор оптические кабели покоряют просторы Земли на суше и на море.

Сначала были проложены соединительные линии между АТС в городах, а затем началось строительство междугородных и международных оптических кабельных магистралей. В последние десятилетия массово строят морские и океанские межматериковые линии, причем Россия принимает в этом деле достаточно большое участие, чему наилучший пример – Транссибирская оптическая магистраль.

Типичный световод состоит из сердцевины и оболочки. У сердцевины показатель преломления чуть-чуть больше, чем у оболочки, из-за чего световой луч испытывает практически полное внутреннее отражение на границе сердцевина-оболочка. Выполняется и сердцевина, и оболочка из кварцевого стекла. Поверх световода обычно накладывают несколько слоев защитных покрытий, улучшающих его механические и оптические характеристики. Световод со всеми этими покрытиями называют оптическим волокном. Делают световоды и из полимерных материалов (см. рис. 1-1).

Световодов и оптических волокон очень много, но основных типов два: многомодовый и одномодовый. Диаметр сердцевины у многомодовых волокон в десятки раз превышает длину волны передаваемого излучения, из-за чего по волокну распространяется несколько типов волн (мод). Окна прозрачности кварца, из которого изготовлены световоды, находятся в области длин волн 0,85; 1,3; 1,55 мкм, а стандартные диаметры сердцевины многомодовых волокон – 50 и 62,5 мкм, вот и сравните...

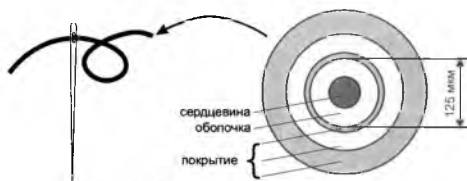


Рис. 1-1. Структура оптического волокна

У одномодового волокна диаметр сердцевины находится обычно в пределах 5–10 мкм (АТ&Т, например, стандартизировала 8,3 мкм). Волокно это одномодовым называют в соответствии со сложившейся традицией, т.е. условно: для того, чтобы по волокну передавался только один тип волны (одна мода), размер сердцевины должен быть еще меньше. Диаметр кварцевой оболочки световода тоже стандартизован и составляет 125 мкм.

Для связи на короткие расстояния чаще всего используют многомодовые волокна – они все же проще в монтаже и эксплуатации. На дальние расстояния употребляют одномодовые волокна – они имеют значительно меньшее затухание и уменьшенную дисперсию светового импульса, хотя их сложнее и монтировать, и эксплуатировать.

Параметр «затухание» характеризует ослабление мощности светового потока при передаче по оптическому волокну. Он подобен параметру электрических кабелей и также измеряется в дБ/км. Дисперсия импульса – это его «размывание» при распространении по оптоволокну. Поначалу высокий и стройный, импульс при передаче оседает и толстеет. Если два импульса расположены рядом, то по мере прохождения по волокну из-за дисперсии они наползают друг на друга и в конце концов перестают различаться. Дисперсия импульса зависит от затухания, микронеоднородностей, микротрещин, от внутренней структуры материала световода и еще от многих-многих факторов, о которых уже написано множество статей и диссертаций.

Световые импульсы образуются при модуляции источника излучения – лазера или светодиода. Для передачи от источника к волокну очень важна апертура, т.е. действующий раскрыв на входе световода. Апертура зависит от размера сердцевины волокна и от согласования источника с оптоволоком. При неудачном согласовании лишь небольшая доля мощности от передатчика попадает в световод, а ос-

тальная энергия отражается. Наоборот, если апертура хорошо согласована с источником, то такое сочетание очень эффективно: вся энергия попадает в световод.

Голый световод плохо переносит всяческие воздействия – изгибы, растяжения, влагу, и поэтому его покрывают защитными материалами (лаками, пластиками), окружают кевларовыми волокнами. И хотя сам световод имеет диаметр 125 мкм, с покрытиями его размер достигает 0,5 мм и более. В таком виде оптоволоконно уже можно помещать в кабель – теперь оно сможет противостоять внешним воздействиям. При конструировании кабеля принимают еще дополнительные меры по защите волокон: упрятывают оптические волокна в толстые пластиковые трубки, рядом укладывают упрочняющие стальные и пластмассовые стержни, а весь внутренний объем кабельной оболочки часто заполняют гидрофобным (водоотталкивающим) материалом или толстыми и прочными пучками пластиковых волокон.

Конструкции оптических кабелей различны. Встречаются кабели с небольшим количеством волокон. Но чаще они представляют собой сложные агрегаты, содержащие множество оптических волокон, помещенных в специальные модули, дополненные еще различными несущими, защитными, питающими и другими элементами (см. *рис. 1-С*). Все зависит от назначения оптического кабеля. Есть конструкции, где оптические волокна лежат свободно в трубках и «звездочках», но есть и такие, где они крепко зажаты в прозрачной ленте из пластмассы (см. *рис. 1-Д*). В линиях связи широко применяются оба типа кабеля.

Крайне важна заделка оптоволокон в разъем – ведь от этого зависит эффективность перехода световых импульсов в местах соединений. Поэтому во всех инструкциях по волоконно-оптическим линиям связи на подготовку и заделку оптических разъемов обращают особое внимание. Заделанный в разьеме конец оптоволокон герметизируют клеем, эпоксидной смолой или другим заполнителем. Затем пристальное внимание обращается обычно на радиус изгиба оптического кабеля. При недостаточно большом радиусе изгиба увеличивается затухание тракта, а при слишком маленьком – возможны поломки световедущих частей оптических кабелей.

Операция по изгибанию оптического кабеля выполняется не как с медными кабелями (просто в пространстве), а на специальной полке, где аккуратно изогнутые кольца и петли из оптического кабеля тщательно закрепляют. Само собой разумеется, что и соединители для оптических линий изготавливают более тщательно, чем обычные, а заделку в них оптоволокон выполняют часто под микроскопом, оснащенным хорошим дисплеем.

Итак, теперь мы представляем себе, что такое оптическое волокно и оптический кабель. Каковы же их возможности по передаче информации? Уже давно и успешно по оптоволокну передают потоки в 155 Мбит/с – в системах связи это первая ступень синхронной цифровой иерархии. Недавно освоили вторую ступень – 622 Мбит/с и быстро осваивают третью – 2,5 Гбит/с (в России такая оптическая линия проложена между Москвой и Петербургом). Поговаривают и о запуске магистралей четвертой ступени со скоростью передачи 10 Гбит/с повсеместно. Честно говоря, когда думаешь о подобных потоках информации – дух захватывает. Но ведь еще недавно мы только мечтали о 100 Мбит/с в компьютерных сетях, а теперь это уже пройдено. Со временем потребности людей и компьютеров растут...

### 1.3. Линии связи

Мы выяснили, что такое кабель связи. Но кабель – это еще не линия, хотя некоторые авторы употребляют выражения «по линии, т. е. по обычному медному кабелю», очевидно, не очень-то себе представляя, что это такое. Вряд ли у знающего человека повернется язык назвать сложнейшее сооружение, растянутое на многие сотни и тысячи километров, через реки, горы, моря и океаны, «просто куском медного кабеля» (увы, именно такую фразу можно найти в одном почтенном издании). На самом деле, линии связи – очень сложные технические сооружения, подобные железным дорогам и автомагистралям. Но они находятся почти целиком под землей, поэтому и создается обманчивое впечатление их простоты. Посмотрим, что же представляют собой городские и междугородные, а также международные кабельные линии связи.

В городах «голые» (небронированные) кабели прокладывают в специальной кабельной канализации (термин неудачный, но применяют его), которая состоит из трубопроводов и колодцев. Условия работы в кабельном колодце не из приятных: там часто бывают вода и газ, что не добавляет комфорта при монтаже и ремонте, сложно затаскивать кабели в трубопровод, паять и монтировать кабельные муфты. Кстати говоря, проложенные кабели заполнены газом и поддерживаются постоянно под избыточным давлением. Это – один из самых эффективных способов «не замочить кабели». В последнее время для прокладки различных подземных коммуникаций в городе (особенно в центре) используют коллекторы, напоминающие другие подземные туннели.

Междугородные кабели прокладывают прямо в грунт с помощью мощных кабелеукладчиков либо в предварительно выкопанные тран-



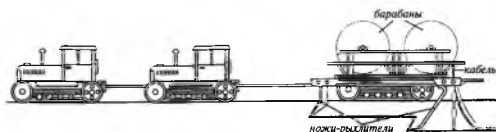


Рис. 1-2. Прокладка кабеля дальней связи в грунт

шей. Эти работы весьма трудны, объемны и дорогостоящи. О переходах через горы, реки, овраги, болота, озера, леса, моря не стоит и распространяться – настолько очевидны трудности преодоления этих препятствий. Забот строителям кабельных линий связи добавляют переходы через железные и шоссейные дороги, требующие всякий раз очень длительного согласования с массой государственных органов и с местными властями: переговоры иногда длятся годами.

Наиболее повреждаемые участки кабельных магистралей – берега рек и морей. Здесь принимают особые меры по защите кабеля – поглубже его закапывают, прикрывают сверху металлическими листами или бетонными плитами. Иначе суда, причалившие к берегу, проплывающие льдины, брошенные якоря могут повредить кабель и вывести из строя линию связи. Чтобы повысить надежность, на переходах кладут удвоенное число кабелей: вместо одного – два, вместо двух – четыре и т. д., каждый с 50-процентным трафиком. Проложенные на судоходных или сплавных реках кабели ограждаются створными знаками с автоматически зажигающимися на них фонарями.

Морские кабели прокладывают с мощных кабельных судов, составляющих сейчас в мире довольно солидный флот. Есть крупные фирмы, занимающиеся только прокладкой морских и океанских кабелей со своих судов. В трюмах кораблей имеются огромные чаны (тэкссы), в которые укладываются непрерывной длиной в сотни ки-

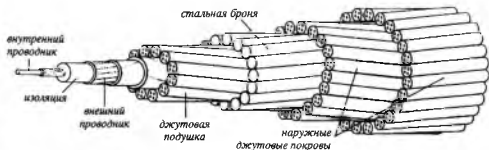


Рис. 1-3. Первый трансатлантический глубоководный телефонный высокочастотный кабель

лометров морские и океанские кабели. С кабельного завода подобные кабели выматываются в танк корабля непосредственно в процессе их изготовления, иногда в течение недели. Более чем за 150 лет прокладки морских и океанских кабелей отработана совершенная технология. Крупнейшей победой была прокладка кабелей из Европы в Америку в 1857–1866 гг.

Прокладка телеграфных кабелей через океан началась в середине девятнадцатого века. Эпопея эта описана во многих книгах. Стефан Цвейг отнес прокладку кабелей через океан к «звездным часам человечества». В результате десяти лет непрерывных усилий были впервые проложены океанские кабели между Великобританией и Ньюфаундлендом, и с тех самых пор Европа постоянно связана с Америкой. Участие в этом глобальном деле принимали виднейшие ученые того времени: Уильям Томсон (будущий лорд Кельвин), Чарльз Уитстон, братья Сименсы, а также крупнейшие предприниматели, во главе которых – Сайрус Филд.

Телефонные кабели через Атлантический океан удалось проложить только через 100 лет – в 1956 году. Вот какие трудности вызвала замена телеграфной связи на телефонную, хотя казалось бы – какая вообще-то разница? Она была, и существенная: для телефонной связи нужны усилители, которые погружают вместе с кабелем в океан, где они лежат на дне и надежно работают десятки лет.

Первые океанские встроенные в кабель усилители были ламповыми и питались с берега, по тем же проводникам коаксиальной пары, по которым осуществлялась связь, на расстоянии 2–3 тысячи километров. Лампы были рассчитаны на срок службы линии связи, т. е. на десятки лет, и работали весь этот срок исправно. Эти кабельные линии оставались самым надежным и качественным средством связи вплоть до появления спутниковых линий. Функционировавшие одновременно с океанскими кабельными коротковолновые радиолинии не шли ни в какое сравнение по устойчивости связи, а также по числу представляемых каналов. В последние десятилетия через океан прокладывают уже третий тип кабельных линий – оптические. Они в ближайшие годы составят самую надежную и наиболее скоростную цифровую сеть глобальной связи.

Кольцо вокруг земного шара, включающее тихоокеанские и атлантические участки, должна замкнуть Транссибирская линия, сооружаемая международным консорциумом. От Владивостока оптическая линия идет до Москвы, а затем разветвляется на два направления: на Петербург (и далее до Копенгагена) и на Ростов, Новороссийск (и далее через Стамбул на Палермо).

# Каналы и сети

## 2.1. Каналы связи

Линии связи позволяют образовывать по ним различные каналы связи: телефонные, телеграфные, передачи данных, звукового и телевизионного вещания. При этом каналы по характеру передаваемых сигналов могут быть *аналоговыми* или *цифровыми*. Несколько лет назад во Франции выполнена программа перевода систем связи с аналоговых каналов на цифровые, по тем же самым линиям связи.

Итак, на одной линии связи одновременно можно создать как аналоговые, так и цифровые каналы, функционирующие отдельно. Для этого существует несколько возможностей. Рассмотрим, например, вот какую. В кабеле связи как правило имеется несколько скрученных пар или коаксиалов. Так вот, по одним парам (или коаксиалам) могут работать аналоговые системы передачи, а по другим – цифровые. Общая тенденция – замена первых на вторые в новых системах.

На междугородной сети многие каналы по всей длине – аналоговые, но бывают и аналого-цифровые, так что часть канала сигнал пройдет как аналоговый, а часть – как цифровой. То же самое происходит и на Московской городской телефонной сети, где есть линии

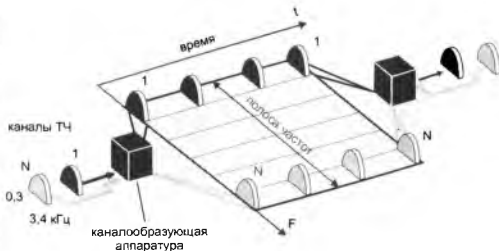


Рис. 2-1. Аналоговые каналы с частотным разделением

между АТС с аппаратурой ИКМ (импульсно-кодовая модуляция). Рассматривается создание канала связи по линии передачи, а не эффективность использования его тем абонентом, кому этот канал предоставлен. Сейчас довольно актуальна потребность в передаче голоса, видео и данных по одному каналу связи. На эту тему довольно много публикаций, и здесь эта задача не обсуждается.

Создание различных каналов связи по одной и той же паре проводов (электрической цепи) связистами осуществляется давным-давно – с 20-х годов прошлого века. Есть, например линии связи, где по одному коаксиалу образуется до 10800 телефонных каналов или несколько тысяч телефонных каналов + 1–2 канала телевидения (с шириной полосы по 6 МГц каждый). По такому же коаксиалу можно передавать цифровые сигналы с темпом 565 Мбит/с (вы не ошиблись: именно 565 Мбит/с по одному коаксиалу – во Франции была построена такая линия). Вот различие между линией и каналом.

Про линию нельзя сказать, что она имеет такую-то пропускную способность до тех пор, пока не узнаешь во всех подробностях ее построение, структуру направляющих и длину. И наоборот, достаточно назвать канал, и его характеристики практически заданы: все каналы четко стандартизованы и подробно описаны, и на всех линиях они одинаковы. Собственно говоря, для этого понятие канала и введено. В какой-то степени линия связи напоминает железнодорожную линию, а канал – вагон: грузоподъемность последнего четко задана (и даже, как правило, на нем написана). При этом железнодорожный состав (поезд) напоминает групповой тракт, образованный по линии из нескольких каналов (см. рис. 2-1, 2-2).

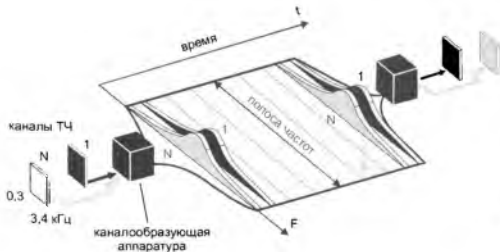


Рис. 2-2. Цифровые каналы с временным разделением

Как уже говорилось, наиболее распространенный канал во всем мире – так называемый канал тональной частоты (канал ТЧ), с шириной полосы 3,1 кГц. На основе каналов ТЧ формируются следующие групповые тракты в сети с частотным способом разделения каналов:

*первичный* – 12 каналов ТЧ (60–108 кГц);

*вторичный* – 60 каналов ТЧ (312–552 кГц);

*третичный* – 300 каналов ТЧ (812–2044 кГц).

Стандартизованы и более мощные групповые тракты.

Широко применяющийся цифровой канал (его часто называют основным) имеет пропускную способность 64 кбит/с. На его базе строят цифровые групповые тракты:

*первичный* – 30 каналов (2,048 Мбит/с);

*вторичный* – 120 каналов (8,448 Мбит/с);

*третичный* – 480 каналов (34,468 Мбит/с).

*четвертичный* – 1920 каналов (139,264 Мбит/с).

Все описанные групповые тракты могут использоваться как для образования указанного количества каналов, так и для передачи по ним одного потока, соответствующего ширине полосы частот или пропускной способности. Таким образом, групповые тракты представляют собой просто-напросто мощные и сверхмощные каналы передачи сигналов (информации) по магистральным линиям. Именно на базе таких трактов и строится супермагистраль.

Можно предложить хорошую аналогию для пояснения разницы между цифровым каналом, групповым трактом и линией связи. Представим себе групповой тракт в виде эскалатора метро. Вход на станцию происходит через турникеты, имитирующие каналы связи. Пропускная способность турникета стабильна и в основном зависит от скорости срабатывания контрольного устройства. Пассажиры ручейками проходят через турникеты и сливаются в один поток, напоминая групповые сигналы. Этот поток в свою очередь идет на эскалатор, т. е. попадает в групповой тракт. Очевидно, что пропускная способность тракта (эскалатора) должна соответствовать сумме пропускных способностей каналов (турникетов), иначе на входе эскалатора будут возникать пробки (что пассажиры метро часто и видят). Если же на станции несколько эскалаторов (групповых трактов), то все они сходятся на линии метро – подобно линии связи.

Аналогия с передачей цифровых сигналов еще более полная, поскольку отдельный пассажир имитирует пакет информации, а турникеты работают дискретно, реагируя на проход каждого пассажира. Таким образом, турникеты, эскалаторы, линии метро дают возможность моделировать процессы передачи сигналов: пропускную спо-

способность каждого канала (турникета), группового тракта (эскалатора) и всей линии связи (линии метро); мультиплексирование – слияние и разделение потоков; образование пробок, перегрузку как отдельных каналов, так и всей линии и т. п.

Мы теперь знаем, что основной аналоговый канал ТЧ имеет ширину полосы 0,3–3,4 кГц, а основной цифровой канал – пропускную способность 64 кбит/с. Вот именно о таких каналах (а не о линиях связи) и говорят обычно авторы статей по компьютерным сетям. Самое время повторить, что во многих встречавшихся статьях эти термины – синонимы. Такая путаница не так безобидна, как может показаться на первый взгляд. Дело в том, что получив в пользование *линию* связи, по ней можно организовать несколько каналов той сети, куда входит данная линия. И наоборот, взяв в аренду *канал* связи, вы можете его эффективно использовать только собственными средствами: каналы по линиям создает только предприятие связи (сеть). Таким образом, платя за аренду линии или канала, но путая эти понятия, вы можете значительно занизить свои ресурсы связи.

Приведем пример. Вы можете договориться с городской телефонной сетью (к примеру, МГТС) и организовать по линии несколько (сколько – это скажут вам связисты) каналов различной пропускной способности. А если этого не предусмотреть, то у вас нормально будет функционировать лишь один канал по этой линии – телефонный, так как работа других не гарантируется. Сдавая в аренду телефонную линию, МГТС гарантирует нормальную работу только телефонного аппарата; никакие другие услуги не предусматриваются.

Основной цифровой канал (64 кбит/с) введен давным-давно для телефонной связи. Именно такое количество бит в секунду требуется для высококачественной передачи речи при помощи импульсно-кодовой модуляции. Рассчитывается эта пропускная способность очень просто. При ширине полосы голосового сигнала 4 кГц требуется (согласно теореме Котельникова) не менее 8000 отсчетов уровня аналогового сигнала при его квантовании. Каждый такой отсчет, как выяснилось, удобнее всего передавать одним байтом. Вот и получается темп передачи голоса 64 кбит/с.

Такой пропускной способностью (64 кбит/с) и обладает канал, принятый в качестве основного для ISDN (ЦСИС – цифровая сеть с интеграцией служб), поскольку он хорошо должен передавать голос и данные. Этот канал дает возможность организовать различные службы связи по основному цифровому каналу. В так называемой «Узкополосной ЦСИС» к каждому рабочему месту подводится два базовых цифровых канала (канал В) и один дополнительный (16 кбит/с)

(D). Итого «на стол» заводится пропускная способность  $2B + D$  суммарно 144 кбит/с, которая может использоваться в виде трех отдельных цифровых каналов, а также как единый цифровой канал.

### Ввод каналов

Как же подать информационные потоки в здание банка или на территорию завода? Самый старинный способ – проложить или арендовать обычный многопарный телефонный городской кабель (см. рис. 2-3). Если при этом договориться с телефонной сетью, то по такому кабелю можно образовать множество цифровых каналов, как базовых (64 кбит/с), так и более скоростных – T1 (1,544 Мбит/с) и E1 (2,048 Мбит/с). Условия для этого следующие: необходимо, чтобы выделенная для вас телефонная линия нигде не заходила в аппара-

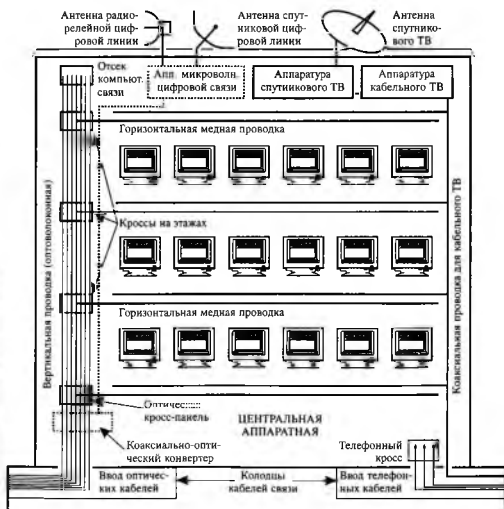


Рис. 2-3. Ввод сигналов в здание

туру уплотнения (мультиплексирования), то есть не должно быть преобразований сигнала. По одной выделенной физической цепи в городе или районе можно без всяких повторителей образовать канал типа T1 или E1 длиной до 3–5 км, а с повторителями – в пределах всего города. Модемы, работающие по выделенным линиям, обычно называют «модемами ограниченного действия» – они дают связь только в пределах выделенной линии, но не позволяют выйти на междугородные и международные каналы. Причина в том, что на междугородных линиях связи стоит аппаратура уплотнения, «нарезающая» аналоговые (3,1 КГц) и цифровые (64 Кбит/с) каналы для телефонии, а по ним модемы ближнего действия не работают.

Такой способ организации цифровых каналов удобен в условиях уже развитой городской телефонной сети, при относительно избытке городских кабелей связи. Подходящая ситуация может возникнуть, если кабели в городе проложены с запасом, а телефонные станции пока не введены в эксплуатацию. Еще одно условие – сеть предприятия не нуждается в выходах за пределы города или района. Подобную компьютерную сеть могут иметь розничная торговля или городской транспорт. Но способ неудобен для территориально распределенных сетей типа авиационных, железнодорожных или банковских. Для них лучше арендовать скоростные цифровые каналы, способные действовать на любые расстояния. Такие каналы можно ввести по оптическим кабелям, с помощью радиорелейной или спутниковой линий (рис. 2-3).

Высокоскоростные цифровые тракты для компьютерных сетей удобно организовать по оптическому кабелю, который вводится в здание по типу медного кабеля и заводится на отдельный оптический кросс. Если многоволоконный оптический кабель заведен в здание, то дальнейшее распределение оптических волокон уже неплохо отработано и больших сложностей обычно не вызывает. Способы прокладки оптических кабелей внутри здания, присоединение их к имеющейся кабельной инфраструктуре, заделка на кросс-панелях и в монтажных шкафах в достаточной мере освоены.

Через оптические линии связи можно создать большое количество высокоскоростных цифровых каналов со скоростью передачи 155 и 622 Мбит/с. Поговаривают и о супермагистральных, достигающих скорости 2,5–10 Гбит/с. Правда, такой уровень в корпоративных сетях пока еще не востребован.

Еще один способ провести в здание нужные цифровые потоки – это установить на крыше микроволновую антенну радиорелейной или спутниковой линии. Обычные частоты для таких систем – 2, 4,



7, 11, 14, 24 ГГц. В последнее время появились и более высокочастотные системы, но они пока широко не используются. Связная антенна, в отличие от телевизионной, должна быть приемно-передающей, что предполагает у нее некоторые особенности. Эту антенну устанавливают недалеко от антенны спутникового ТВ, а приемно-передающую аппаратуру лучше всего разместить в одном помещении с телевизионной. Вполне вероятно, что в недалеком будущем эти две системы сольются, так как уже всюду разворачивается цифровое телевидение и постоянно обсуждаются способы работы компьютерных служб с использованием телевизионных сетей.

При подведении к компьютерной локальной сети высокоскоростного цифрового канала, организованного по радиорелейной или спутниковой линии, возникает одна любопытная проблема. Дело в том, что главный кросс кабельной системы расположен обычно внизу, на первом этаже здания, а микроволновая линия заходит сверху, с крыши или карниза. Кроме того, выход сигнала от антенны (точнее, от СВЧ-конвертора), как правило, коаксиальный, а вертикальный ствол структурированной кабельной системы обычно оптический. Сопряжение этих двух типов направляющих систем – коаксиальной и оптической – потребует коаксиального фидера от антенны вниз, к аппаратной, где необходим еще один конвертор (коаксиально-оптический). Ничего принципиально нового в этих элементах нет, так что особых трудностей не предвидится. Исключение могут составить высокоскоростные системы, для которых все отнюдь не так гладко. Но поскольку такие каналы спутниковой и радиорелейной связи пока еще встречаются не часто, каких-то существенных препятствий для осуществления коаксиально-оптического перехода нет. Можно, правда, установить коаксиально-оптический конвертор на верхнем этаже, скажем, в помещении головной станции кабельного телевидения, но при этом меняется вся схема организации связи и обслуживания кабельной системы здания, что нежелательно.

Обратим внимание на еще одну возможность передачи скоростных цифровых компьютерных сигналов, а именно – на использование сетей кабельного телевидения (рис. 2-3). Известно, что в современных жилых комплексах имеется широкополосная коаксиальная проводка, предназначенная для телевизионного вещания. Компьютерные фирмы уже давно присматриваются к этим сетям: есть готовая кабельная система с шириной полосы до 900 МГц (в перспективе – еще больше) – надо ее приспособить для компьютерных сетей.

Известные компании многократно заявляли о выпуске соответствующей техники и о создании программных средств. По ТВ-сетям

можно образовать несколько сотен каналов класса 10 Мбит/с или меньшее количество более скоростных.

Телевизионные кабельные системы приспособливают таким образом, чтобы они стали приемно-передающими и смогли передавать цифровые компьютерные потоки. В этой связи стоит упомянуть объединение компьютера и телевизора, о котором столько говорят и пишут в последнее время. В такой ситуации для пользователя возможен выбор: хочешь – работай на компьютере, а хочешь – смотри телевизор в свое удовольствие. Более того, имея компьютер-телевизор, хорошо работать с мультимедиа, т. е. творить с телевизионными сигналами все что угодно.

## 2.2. Сети связи

Чтобы построить сети связи на базе линий связи, много чего еще потребуется. Необходимы так называемые системы передачи, то есть аппаратура, с помощью которой по линиям связи создают каналы и групповые тракты. А затем организуют из линий, а также узловых и оконечных станций первичные и вторичные сети электросвязи.

Первичные сети состоят только из линий связи, усилительной и каналообразующей аппаратуры на станциях. Вторичные сети содержат, кроме того, узлы коммутации, позволяющие переключать каналы связи на различные направления. А вот уже на основе вторичных сетей создаются многочисленные службы связи, предоставляющие разные услуги. Линии связи, проложенные между городами и в крупных городах, промежуточные усилительные пункты, оконечные пункты – все это первичная сеть, служащая для получения аналоговых и цифровых каналов и трактов.

Первичная сеть делится на *магистральную, зоновые и местные* сети (см. рис. 2-4).

Типовые каналы электросвязи имеют одни и те же характеристики, вне зависимости от того, на каком участке первичной сети они образованы: эти характеристики строго стандартизованы и четко выполняются. Стандартизованных каналов электросвязи довольно много, но мы имеем в виду только два: аналоговый канал тональной частоты (канал ТЧ) с шириной полосы 0,3–3,4 кГц и основной цифровой канал, пропускная способность которого 64 кбит/с. По линиям связи первичной сети образуются именно такие каналы. Возможно создание и широкополосных аналоговых каналов, и цифровых каналов с большей пропускной способностью, но подавляющее большинство имеющихся каналов именно таковы.

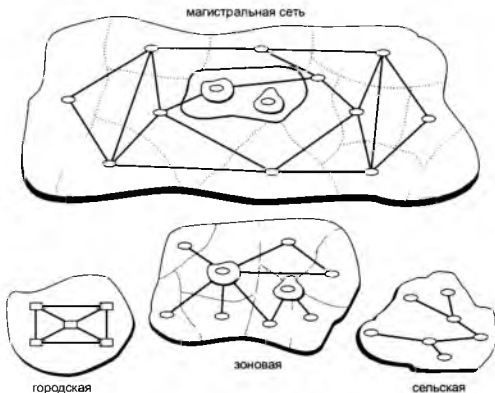


Рис. 2-4. Магистральная, зонная и местные сети

На базе названных выше элементарных каналов организуют вторичные сети: телефонные, телеграфные, передачи данных, факсимильные. Число служб электросвязи растет прямо на глазах и перевалило за тридцать. Назовем лишь некоторые: городской, между-городный и международный телефон, абонентский телеграф (так называемый «телетайп»), телекс, телетекс, телефакс, видетекс, не говоря уже о компьютерных сетях.

Конечно, самая большая вторичная сеть и самые многочисленные службы – телефонные. Наибольшая часть каналов ТЧ и цифровых в нашей стране (надо думать, что и за рубежом) используются для образования телефонных сетей. Более того, часто думают (об этом свидетельствуют многие публикации), что телефонная сеть – единственная вторичная сеть, других просто нет. На самом деле это не так: есть еще телеграфные сети – по ним работают телекс (абонентский телеграф) и телеграфная служба во всех отделениях связи. Есть сети передачи данных, причем не только с темпом 64 кбит/с, но и более скоростные, например 2048 кбит/с (канал Е1).

Трудно было понять, почему телефонные и телеграфные сети имеют свои собственные наименования, а вот компьютерные сети

называются «сети передачи данных». Кажется, ответом может послужить цитата из недавней статьи маститого профессора: «Такие системы получили названия: сети ЭВМ, компьютерные сети, сети информационных центров, системы информации и связи, телекоммуникационные сети, сети телекоммуникации и обработки сообщений, вычислительные сети, сети телеобработки, информационно-вычислительные сети, информационно-справочные сети, телеинформационные сети». Профессор выбирает последний из приведенных терминов, обосновывая это ссылкой на материалы Международного Союза Электросвязи. Нам же кажется, что термин «компьютерные сети» несколько не хуже. Наиболее известная – Интернет.

Самый нижний уровень ранее упоминавшихся сетей – местные сети. Но вот не так давно появились *локальные сети*, которые относятся уже даже не к городу или району сельской местности, а к зданию или группе зданий, принадлежащих, как правило, одной организации, учреждению, предприятию. Для этих сетей появились и свои линии связи, и свои обозначения, и отдельные стандарты.

Локальные сети соединяются с сетями общего пользования обычными телефонными кабелями, идущими к районным АТС, или специально построенными линиями связи. По линии связи, проложенной от офиса до АТС, можно передать и 2,4 кбит/с, и 64 кбит/с, и 144 кбит/с, и 2048 кбит/с – все зависит от того, как эта линия выполнена и чем оборудована. К телефонному каналу сказанное не относится – он имеет строго заданную и соответствующую стандартизованным требованиям ширину полосы.

Если ваш модем подключен к телефонной сети, а компьютер по этой сети передает данные не так, как вам бы хотелось, то из этого не следует делать вывод, что телефонная сеть плохая. Она вполне может удовлетворять предъявляемым требованиям, но при этом данные передавать не очень хорошо. Как часто приходится слышать, что телефонная сеть плохая: по ней не работает компьютер. Спрашивается, а почему он должен хорошо по ней работать – ведь это же *телефонная сеть*! Это все равно, как если бы от «Запорожца» требовали комфортабельности «Мерседеса». Однако подобное никому и в голову не приходит. Почему же сплошь да рядом слышны сетования, что компьютер плохо работает по телефонной сети общего пользования? Ведь телефонная сеть только приспособлена для передачи данных, а вообще-то для этой цели следует создавать отдельные сети.

Между прочим, абонентские линии (линии от АТС к телефонным аппаратам) могут очень различаться между собой качеством и длиной. Еще большее разнообразие существует среди телефонных сетей

и, в частности, – соединительных линий между АТС, а также линий, выходящих к магистралям.

Поясним сказанное следующим примером.

Московская городская телефонная сеть (МГТС) строилась в совокупности более 100 лет. Ее сооружения для современной электронной техники во многом устарели. В эксплуатации находится несколько АТС электромеханической декадно-шаговой системы, создающих повышенный уровень помех. Еще несколько АТС координатной системы, которые в значительной мере устарели и требуют замены на электронные АТС. Первичная сеть практически вся построена на медных кабелях и аналоговых системах передачи. На многих соединительных линиях между АТС установлены цифровые системы с импульсно-кодовой модуляцией. Одновременно у МГТС имеется более 2000 км оптических линий, что составляет менее 2 % общегородской кабельной сети.

Вот, оказывается, с каким разнообразием систем передачи и линий связи встретится сигнал от вашего компьютера, путешествующий только в пределах Московской городской телефонной сети. Сладко ли ему придется? Затем сигнал попадает на междугородные и международные сети, где он может столкнуться с кабельными, радиорелейными и даже спутниковыми линиями связи. На этих линиях ему попадутся разнообразные направляющие системы и виды аппаратуры. Так что вероятность того, что повстречается участок, хотя и удовлетворяющий требованиям, предъявляемым к телефонному каналу, но не подходящий для компьютера, достаточно высока.

Мы поговорили о магистральных, зонавых и местных сетях. Теперь рассмотрим локальные сети.

### *Локальные сети*

До сих пор мы рассматривали линии связи, простирающиеся на десятки-сотни-тысячи километров. В последние десятилетия во всем мире распространились кабельные системы, занимающие здания и территорию предприятия, аэропорта, вуза, банка и передающие разнообразные потоки информации. Это – так называемые **локальные кабельные системы** (не путать с местными сетями, существующими еще с довоенных времен в городах и сельских районах). Чем же характерны эти системы? Они имеют **звездную топологию**, иначе говоря – «кустовидное» построение. Такие проводки чаще всего сочетают в себе электрические и оптические кабели. Эксплуатируются они той организацией, на территории которой проложены, а не предприятием связи, как это имеет место в других сетях – магистральных,

зоновых и местных. Интересно, что *локальные кабельные системы* обеспечивают (в компьютерной литературе часто говорят «поддерживают») все виды информационного обмена, начиная от обычной телефонной связи до скоростных локальных компьютерных сетей, вместе с передачей информационных потоков по управлению кондиционированием воздуха, охраной зданий и территории, других служб.

Современная многофункциональная проводка представляет собой сложный комплекс, состоящий из кабелей, кроссового оборудования, многочисленных и многообразных розеток, желобов для прокладки кабелей, массы всякой установочной фурнитуры, устройств обозначения трасс и маркировки кабелей и т. п. Она структурирована как по вертикали, так и по горизонтали, т. е. вся *система* разбита на относительно самостоятельные *подсистемы*, выполняющие свои функции. Это качество сообщает проводке *приспособляемость, универсальность, нужную избыточность*.

*Приспособляемость* позволяет легко менять конфигурацию проводки, приспособляя ее к возникающим потребностям, без новых работ по прокладке кабелей и монтажу. Все, конечно, понимают, как это важно на действующем объекте, где любые переделки сопряжены с помехами основной деятельности. На заводе перестройки мешают производству, в вузе – учебе, а в банке могут распугать клиентов. Поэтому кабельная система строится на 15–20 лет, а меняется лишь незначительно, в несущественных деталях.

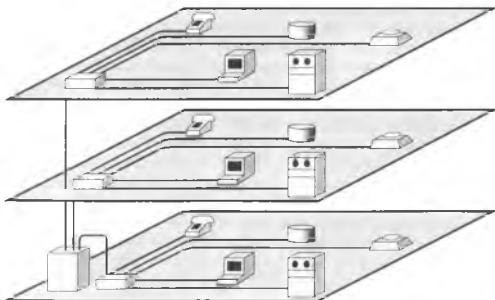
*Универсальность* проводки означает, что она поддерживает любые информационные системы – телефонные, телевизионные, компьютерные сети; охрану и сигнализацию; управление окнами, дверями, воротами; кондиционированием, отоплением, освещением. При появлении новых потребностей правильно спроектированная проводка воспримет и их! Для хорошей приспособляемости кабельная система должна обладать *избыточностью*, т. е. должны быть заранее проложены кабели и смонтированы розетки во всех местах, где может появиться персонал и оборудование. Избыточность позволяет при всех переездах не прокладывать дополнительные кабели, а использовать ранее проложенные. Проектировщики такой системы должны иметь большой, разнообразный и богатый опыт.

*Структурированная кабельная система* теперь попадает в ряд *капитальных сооружений*: затраты на нее относят не к текущим, а к капитальным расходам. Поставку оборудования для нее выполняют, как правило, специализированные компании, а проектирование и монтаж ведут предприятия, которые обладают соответствующими знаниями, опытом и называются «*системными интегратора*».

ми». Эти фирмы изучают потребности заказчика и выполняют *проект*, где отражаются все стадии осуществления структурированной кабельной системы, от начала монтажа до сдачи в эксплуатацию.

Сейчас в зданиях больше всего распространена схема проводки в виде куста (так называемая «иерархическая звезда»). При такой *топологии* кабели расходятся от комнат связи в виде лучей, на каждом участке – вертикальном или горизонтальном. На каждом этаже кабели идут веером от комнаты (отсека) связи к рабочим местам. Возможен вариант, когда многопарные кабели (как правило, 25 пар) идут до рабочих групп, а уже затем разводка до рабочих мест выполняется четырехпарным кабелем (см. *рис. 2-5*).

Как видно из рисунка, электронное оборудование при этой схеме может размещаться как в центральной аппаратной, так и в отсеках связи на этажах. Это расположение имеет и преимущества, и недостатки. Централизованное оборудование удобнее обслуживать – оно находится в одном месте, и не надо бегать по этажам. Если электронику поместить на этажах, то появляется возможность легче строить самые скоростные сети: кабельные трассы при таком расположении короче и, соответственно, больше их пропускная способность. Но отсеки (комнаты) связи необходимо обслуживать – в них надо следить за чистотой и порядком, тщательно их запирять, обеспечивать электропитание, заземление оборудования и т. д. Короче говоря, нужно хорошо взвесить, какую схему размещения оборудования выбрать.



*Рис. 2-5. Кустовидная проводка*

С применением только оптических кабелей возможна схема элементарной звезды с «одноточечным администрированием», т. е. с управлением проводкой из одного места. При такой топологии оптические кабели идут из центрального кросса прямо к рабочим местам. Конечно, по пути разводки могут потребоваться различные стыковки и сработки кабелей, но электронное оборудование сетей на этажах (в отсеках связи) не устанавливают. Для оптических кабелей такая схема удобнее, т. к. затухание сигнала в них небольшое, а экономия на поэтажном оборудовании значительная.

Если подать оптическое волокно к каждому рабочему месту (к каждому столу), появляется возможность передавать по нему гигабиты информации в секунду. Вопрос, конечно, нужно ли такое большое количество в ближайшее время, но этот вопрос, скорее всего, риторический. Можно только отметить, что подобные проводки предложены и кое-где уже проложены.

При проектировании локальных кабельных систем надо принимать во внимание множество факторов, в том числе – долговременность проводки, ее надежность и стоимость, удобство обслуживания, управления, сроки строительства и возможности эксплуатации, характер и класс объекта, перспективы развития...

Во время разработки проводки возникает множество вопросов: «Какой категории – 3 или 5 – выбрать медный кабель? Если выбор падает на оптический кабель, то одномодовый или многомодовый? Или выбрать сочетание электрических и оптических кабелей?». Допустим, так: в вертикальной проводке будут проложены оптические, а в горизонтальной – электрические кабели. Тогда следует рассчитать оптимальное сочетание длин тех и других, ибо от этого зависят места расположения кроссов.

Поскольку кабельные системы предлагают различные фирмы-изготовители, надо внимательно взвесить все «за» и «против» и выбрать наиболее надежную фирму. Это же относится и к отбору системного интегратора, монтажной организации и т. п. Хорошо бы предварительно навести справки и выяснить репутацию, опыт работы и отзывы заказчиков о намеченном партнере. Нелишне знать, какие гарантии предоставляет намечаемый исполнитель, на сколько лет (требовать надо не менее 15 лет гарантии), сертифицирует ли смонтированные им кабельные системы, и снова – гарантии, обеспеченные сертификатом (это еще один вид гарантий). Короче говоря, разработка и монтаж *структурированных кабельных систем* за последние годы стали такой же самостоятельной областью деятельности, как ранее – создание локальных сетей.



### 2.3. Цифровые магистрали России

В 1988 году были проложены первые трансокеанские волоконно-оптические линии: ТАТ-8 – через Атлантический океан и ТРС-3 через Тихий океан. Сразу появилась идея создать на их основе Глобальное цифровое кольцо связи через три океана (Тихий, Индийский и Атлантический) и три материка (Азию, Европу и Северную Америку).

В конце 1988 года Министерство связи СССР обратилось к ряду администраций связи и международных компаний с предложением о строительстве на территории СССР (на нынешней территории России) цифровой магистральной волоконно-оптической системы. Такая магистраль эффективно бы замыкала Глобальное цифровое кольцо, поскольку оказывалась на 20–30 % короче варианта через Индийский океан, и проходила бы по территории только одной страны. Данное предложение мировым сообществом было тогда одобрено, и началось проектирование. Интересно отметить, что при разработке проекта в 1989–1990-е годы передача трафика Интернета даже не упоминалась, зато учитывались видеоконференции, телевидение высокой четкости и «цветное факсимиле» (!). Таким образом, всего за 5–6 лет до Интернет-бума ничего подобного не предполагалось и в стратегическом, перспективном трафике не учитывалось.

За время, прошедшее с тех пор, замысел претерпел существенные изменения, в том числе связанные и с развалом Советского Союза. Теперь окончательный проект состоит как бы из четырех проектов: западного, южного, восточного и центрального. Первые три проекта воплощены в виде волоконно-оптических линий связи; центральный – в виде радиорелейной линии.

Заметим, что более ранние части этого гигантского замысла ориентировались на плезиохронную цифровую иерархию (PDH), в то время как последние – на синхронную цифровую иерархию (SDH). В перспективе предусмотрен переход всей системы цифровых магистралей на работу в режиме SDH со скоростями 622 Мбит/с и 2,5 Гбит/с. Продолжаются работы по строительству волоконно-оптической транссибирской линии (ТСЛ), но со значительным отставанием от первоначальных сроков.

Первым этапом создания магистралей цифровой связи стало строительство и введение в эксплуатацию в 1993 году западного участка Россия–Дания – морской волоконно-оптической линии, соединившей Копенгаген и Кингисепп. Длина линии 1210 км, скорость передачи 565 Мбит/с (две плезиохронные системы NL-5). Впоследствии построена магистральная ВОЛС Москва–Санкт-Петербург.

Восточный проект (Россия—Япония—Корея) завершен в 1995 году. Основой этого проекта служит морская волоконно-оптическая линия Находка—Наоэцу—Пусан длиной 1762 км со скоростью передачи 565 Мбит/с (PDH). Работы по строительству линии осложнились тем, что необходимо было сохранить ранее проложенные международные кабели. Морской участок соединен с наземным Находка—Хабаровск (длина 935 км, скорость передачи 622 Мбит/с – две системы SDH фирмы Siemens). В последующие годы реализовался Южный проект: морская оптическая линия ИТУР (Италия, Турция, Украина, Россия): Палермо—Стамбул—Одесса—Новороссийск длиной 3540 км, скорость передачи 565 Мбит/с (две системы PDH компании Alcatel) плюс наземная волоконно-оптическая линия (оборудование поставляет Siemens) Новороссийск—Ростов-на-Дону—Москва, длиной 1683 км, скорость передачи 2448 Мбит/с системы SDH.

Сделаем небольшое отступление и расскажем о том, какими способами уплотняются оптические магистрали. Пропускную способность оптического кабеля (суммарную, всего кабеля, а не отдельного волокна) можно увеличивать тремя путями: ускорением передачи сигналов по одиночному волокну (временное уплотнение), введением частотного (волнового) разделения каналов в волокне (спектральное уплотнение) и увеличением числа задействованных волокон в оптическом кабеле (пространственное уплотнение). Закладывая проектные возможности линии, ориентируются на скорость передачи и число оптических волокон значительно большие, чем требует трафик: образуют резерв. Первый и третий способы повышения пропускной способности построенных магистралей широко практикуют уже сейчас. Спектральный (волновой) метод уплотнения быстрыми темпами осваивается.

Особенно широко применяется в последнее время пространственное уплотнение. Произошло это потому, что оптическое волокно быстро дешевеет и составляет в стоимости линии единицы процентов. Следовательно, выгодно с самого начала заложить в магистраль избыточное (в несколько раз) количество оптических волокон, с тем чтобы по мере исчерпания ресурса кабеля вводить все новые и новые пары волокон в действие. Указанный прием больше любят в наземных линиях, где прокладка нового кабеля сложна, а установка дополнительной аппаратуры больших трудностей не вызывает.

На морских и особенно океанских линиях идут чаще первым путем. Применяя очень хорошие (и дорогие) оптические волокна, с оптическим усилением, помещают их в кабель немного (две–четыре пары), а увеличения пропускной способности достигают за счет

повышения скорости передачи сигналов, в основном – до следующей ступени SDH. Использование оптического усиления позволяет, кроме того, увеличить длину участка регенерации в 2–4 раза, что для океанских волоконно-оптических линий крайне важно. Такими способами в уже построенные повсюду и еще только строящиеся оптические линии закладывают большой резерв пропускной способности.

Теперь посмотрим оставшиеся участки западного и центрального проектов цифровых магистралей, которые выполнены радиорелейными линиями. Цифровая радиорелейная линия Москва—Кингисепп—Санкт-Петербург протяженностью 875 км дополняет сеть магистралей в Северо-Западном регионе и дает выход на Европу. Оборудована линия аппаратурой компании NEC (Япония) на 4 канала (ствола) пропускной способностью по 140 Мбит/с каждый.

Самую длинную в мире радиорелейную линию Москва—Хабаровск соорудил международный консорциум, куда вошли Siemens (Германия) и NEC (Япония). Координацию проекта осуществило АО «Ростелеком». Линия длиной 7712 км работает в режиме SDH, имеет 6 рабочих и 2 резервных ствола пропускной способностью 155 Мбит/с каждый. На этой линии установлено оборудование компании Siemens из семейства станций DRS 155. Цифровая радиорелейная линия имеет выходы к сетям связи других стран: через Москву, С.-Петербург и через западный участок – на Копенгаген (Дания); через восточный участок (Хабаровск, Находка) – на Японию и Южную Корею; на юго-западе – через южный участок (Ростов, Новороссийск), на Украину, Турцию, Италию (см. выше проект ИТУР). Линия построена за короткий срок – около двух лет – и сдана в постоянную эксплуатацию.

В 2005 году компания «Транстелеком» начала коммерческую эксплуатацию сети связи на базе технологии спектрального уплотнения оптоволокну DWDM от Каменногогорска (Ленинградская обл.) до станции Карымское (Читинская обл.) (рис. 2–6). Реализация данного проекта вызвана необходимостью обеспечения возросших объемов информационного обмена железнодорожной отрасли и других участников перевозочного процесса, а также увеличением коммерческого трафика. В середине 2004 года на некоторых наиболее востребованных направлениях (таких, как северо-западное, южное и восточное) емкость каналов была использована практически полностью. Для дальнейшего успешного развития ТТК нужно было срочно нарастить пропускную способность магистральной цифровой сети связи (МЦСС), причем применение DWDM было предусмотрено системным проектом развития МЦСС, одобренным в 2003 году Государственной комиссией по электросвязи.

На первом этапе, завершившемся в декабре 2004 года, технология была внедрена на маршруте Каменногорск—Санкт-Петербург—Москва—Екатеринбург—Омск—Тайшет—Карымское. Введение в действие второго этапа линии Выборг—Санкт-Петербург—Ярославль—Москва—Самара—Челябинск—Омск увеличило резервирование наиболее важных маршрутов. Таким образом полностью закончены первый и второй этапы строительства DWDM-сети.

На основных направлениях общая пропускная способность МЦСС увеличилась с 2,5 до 40 Гбит/с. В ходе строительства оборудование DWDM было установлено в 150 пунктах. Точки ввода-вывода трафика действуют в Москве, С.-Петербурге, Новосибирске, Иркутске, Красноярске, Омске, Челябинске, Самаре, Сызрани и в ряде др. городов.

Уже сейчас благодаря переводу существенной части IP-трафика в сеть DWDM компания добилась значительного увеличения скорости и надежности работы сети. Это благоприятно сказалось на функционировании Интернет и других приложений клиентов ТТК.

В настоящее время проводится третий этап модернизации, который увеличит протяженность сети DWDM до 18600 км. Введение в эксплуатацию третьего этапа DWDM-сети планируется на конец 2005 года. В дальнейшем компания намерена нарастить протяженность DWDM-сети и внедрить технологию спектрального уплотнения на южном кольце по маршруту Москва—Курск—Воронеж—Ростов-на-Дону—Волгоград—Саратов—Сызрань—Самара и на Дальнем Востоке через Хабаровск и Уссурийск.



Рис. 2-6. Волоконно-оптическая сеть «Транстелеком»

# Скоростной доступ в Интернет

## 3.1. Высокоскоростные магистрали

Сначала поговорим о тех реках информации, куда вливаются потоки от локальных сетей и мелкие ручейки – от отдельных пользователей. Скоростные линии связи предназначены не только для Интернета. Главное, что эти магистрали существуют, а мощные потоки по ним передаются уже сегодня. Многие из тех, кто сидит за компьютером и «ползает» по Сети, могут и не знать, каким образом струйки данных от их аппаратуры огибают Землю. Наша цель – рассказать новичкам в области электросвязи о дальних скоростных системах передачи цифровых сигналов.

На магистральных линиях связи каналами E1 (скоростями около 2 Мбит/с) не обойтись. Для создания мощных потоков используют сейчас две высокоскоростные технологии: PDH (плезиохронная цифровая иерархия) и SDH (синхронная цифровая иерархия). Первая имеет скорости передачи 8, 34, 140 и 565 Мбит/с; вторая – 155, 622 Мбит/с; 2,5 и 10 Гбит/с. Представьте себе, сколько первичных потоков по 2 Мбит/с надо слить, чтобы получить 10 Гбит/с. Вот это и есть настоящая супермагистраль!

Наземные магистрали строят на базе электрических кабелей, оптических кабелей и радиорелейных линий (см. *рис. на задней крышке переплета*). По коаксиальным кабелям передают потоки до 140 Мбит/с; есть системы даже на 565 Мбит/с. Радиорелейные линии также добились неплохих результатов: часто применяются скорости 155 Мбит/с, достигнуты уже 622 Мбит/с. Спутниковые линии развиваются, но добиться таких скоростей там пока еще не получается. Зато по ним передают телевидение во все уголки Земли; их часто используют как резерв для наземных линий. Кстати, телевидение в ближайшие годы станет цифровым, что облегчит передачу данных.

Самые скоростные на сегодняшний день – волоконно-оптические линии связи уже имеют скорости до 10 Гбит/с по одному волокну (без спектрального уплотнения), в перспективе – еще большие. Разви-

ваются они на удивление быстро. Не так давно бригада рабочих за пару-тройку дней протащила в нашу городскую кабельную канализацию несколько километров тонкого оптического кабеля. Операция привела к увеличению пропускной способности линии связи в несколько раз, хотя в эту канализацию уже был уложен добрый десяток медных телефонных кабелей.

На рис. 3-1 представлена топология волоконно-оптического Интернет АО «Ростелеком». Показана магистраль через всю Россию, с запада на восток; выходы на север – через С.-Петербург, на юг – через Ростов-на-Дону, выходы в США и Европу, а также в Азию – через Хабаровск. Сама сеть описана в параграфе 2.3.

Появившиеся в последнее время оптические усилители позволили волоконно-оптическим линиям стать еще более конкурентоспособными, по сравнению с радиорелейными и спутниковыми. Так что с пропускной способностью магистральных линий в перспективе проблем не будет.

### 3.2. Скоростной доступ для пользователей

Вероятно, вы уже имеете доступ в Сеть через модем и телефонную линию. В таком случае скорость передачи данных при работе вашего компьютера составляет 28,8 кбит/с или, в лучшем случае, 56 кбит/с. Для большинства пользователей даже такая низкоскоростная связь с Интернет все еще остается труднодостижимой меч-



Рис. 3-1. Магистральная сеть Интернет АО «Ростелеком»

той. В то же время многие, и особенно те, кто привык к быстродействию корпоративных локальных сетей, хотели бы общаться в Сети на больших скоростях. Как быть?

Первое, что приходит в голову – арендовать каналы ISDN, позволяющие передавать данные по телефонным линиям со скоростью 64 (128) кбит/с, и без модема. Более широкополосная, так называемая В-ISDN, обеспечивает уже около 2 Мбит/с, но таких сетей у нас практически нет. Службы ISDN развиваются довольно слабо: за всю многолетнюю историю этого вида связи считанные сети переоборудованы под ISDN, как правило – в особых системах связи. Вероятнее всего, ISDN разовьется, когда все АТС станут цифровыми, а линии между ними перейдут на цифровой режим.

Что же можно предпринять для развития скоростного доступа в ближайшее время? По-видимому, самым эффективным оказывается увеличение пропускной способности абонентской телефонной линии. Если на телефонных абонентских линиях применить оборудование и технологию DSL (Digital Subscriber Line, что переводят как «цифровая абонентская линия»), то по той же кабельной системе можно получить скорость передачи 1–2 Мбит/с, а зачастую и много больше. Заметим, что именно *быстрым* (а вовсе не наилучшим) было в недавнем прошлом подключение к абонентской линии сначала факс-аппарата, а потом и компьютера.

В свое время очень похоже развивались и другие виды связи: провода для радиовещания подвешивались на тех же столбах, по которым давали и телефонию. Потом уже коммуникации разделились – телефонная связь ушла в кабели, под землю, а радиовещание теперь передается лучше всего на ультракоротких радиоволнах.

Похоже, что быстрая организация каналов доступа в Интернет опять опирается на то, что под рукой – абонентские линии. При использовании систем передачи HDSL обеспечивается дуплексный режим работы со скоростью 2 Мбит/с по одной, двум или трем парам проводов в городском кабеле, на расстояние до 10 км – без регенераторов. Оборудование ADSL предназначается для асимметричной передачи со скоростями 6–8 Мбит/с – в сторону компьютера и 640 (или несколько меньше) кбит/с – от компьютера к сетевому узлу. Система RADSL отличается от упомянутых выше тем, что поддерживает либо симметричный режим со скоростью до 1 Мбит/с, либо асимметричную передачу: в сторону компьютера – темп до 8 Мбит/с. Особо скоростная VDSL обеспечивает на коротких линиях (до 500 м) темп передачи данных 51 Мбит/с – по-видимому, старались состыковаться с одной из версий АТМ, интенсивно тогда разрабатываемой.

Нужно лишь заметить, что во всех случаях применения перечисленного оборудования оно ставится на двух концах линии: одна часть комплекта – у пользователя компьютера, вторая – на одном из предприятий связи, либо, на худой конец, у провайдера. Отметим, что в начале 2005 г. более 100 млн. пользователей уже имели высокоскоростной доступ к Сети через DSL. В параграфе 3.3 мы более подробно расскажем об этом способе доступа.

Что еще предлагается? Можно применить так называемые «кабельные модемы», подключаемые к системе кабельного телевидения (СКВТ). Московские, например, сети КВТ практически не имеют обратных каналов, по которым передача сигналов идет от компьютера к узлу сети. При таком положении от сетевого узла к компьютеру можно организовать скоростные (100 Мбит/с) каналы, а вот в обратную сторону – ничего, ноль, так как усилители односторонние. Ведь системы кабельного телевидения создавались только как приемные, для телевидения. Цифровая передача в противоположную сторону потребует капитальной переделки сетей КВТ, а это и долго, и дорого. К проведению подобных работ готовы провайдеры услуг Интернет, но еще вопрос – согласятся ли с ними владельцы СКВТ? Ведь это для них лишние хлопоты... Потребление этой услуги относительно мало в построенных сетях и составляют до 25 % от трафика ТВ. Более подробно о доступе в Интернет по сетям КТВ рассказано в параграфе 3.4.

Оптические кабели – тоже, конечно, хороши: они быстро дешевеют, а фирмы, прокладывающие их, приобретают необходимый опыт. Но подземная часть сетей связи консервативна – даже в богатых, динамичных регионах она развивается медленно, постепенно меняя свою структуру и организацию. На коренную перестройку уходят обычно десятилетия. Скоростные же выходы нужны немедленно – в этом заинтересованы многие компании и пользователи. Все, однако, понимают, что до реализации лозунга «оптоволокно – к каждому компьютеру» еще далеко.

Помимо того, что подвести оптоволокно к каждому пользователю и сложно, и дорого, оно каждому компьютеру не очень-то и нужно. Скорости, обеспечиваемые волоконно-оптическими системами связи, требуются лишь для работы с видеоданными в реальном масштабе времени. Но тогда в Сети необходимо множество видеосерверов, которых в нужном количестве в ближайшее время скорее всего не будет: еще не создана база. По-видимому, эти две системы развиваются одновременно. Здесь можно провести аналогию с телевидением: широкополосные спутниковые каналы во множестве



появились практически одновременно с потребностью передавать на огромные расстояния потоки многоканального телевидения.

Несколько слов надо сказать о радиоканалах. Сейчас уже многие компании предлагают как радиомодемы, так и радиомосты, обеспечивающие скорость передачи данных 128 кбит/с, некоторые – до 1–2 Мбит/с. Совсем недавно появилась аппаратура с пропускной способностью 6 Мбит/с. Одно из последних достижений в этой области – цифровая многоточечная система – дает широкоэвещательный доступ по цифровым радиоканалам из многих точек в одну. Состоит она из базовой (центральной) станции и терминального (периферийного) оборудования, имеет широкий набор несущих радиочастот. Система связи обеспечивает изменяющуюся пропускную способность отдельных каналов и содержит необходимые для этого управляющие средства. Совместима с технологиями передачи данных, в том числе – АТМ. Простота наружного монтажа, встроенный автоматический контроль состояния сети, компактность и надежность дополняют уже перечисленные ее достоинства. Типичный размер обслуживаемой области составляет от 10 до 40 км, в зависимости от антенны, ее расположения, частоты и мощности радиосигнала. Каналы имеют весь основной набор скоростей передачи – от 64 кбит/с до 8 Мбит/с.

В широкое использование радиоканалов для Интернета не очень-то верится по следующим причинам:

Во-первых, Интернет – сеть не оперативная: необходимость в немедленном, обязательном получении информации здесь возникает достаточно редко.

Во-вторых, ресурсы эфира безграничны, и чем больше их расходуют, тем теснее становится в радиопространстве. Скорее всего, радиоканалами приоритетно будут пользоваться подвижные виды связи.

Совсем другое дело – спутниковые линии, которых может быть создано достаточно много. Но скоростная спутниковая связь пока еще очень дорога для индивидуальных выходов в Интернет, хотя ситуация меняется быстро. Например, несколько лет назад фирма Hughes Network Systems предложила для высокоскоростного доступа в Internet спутниковую систему Direc PC, позволяющую увеличить скорость передачи данных до 400 кбит/с, причем для этого используется антенна диаметром в полметра. Одновременно компании World Comm и та же Hughes Network создали организацию NetSatExpress для службы спутниковой связи с Интернет.

### 3.3. Скоростной доступ по абонентской линии

В предыдущей главе мы говорили о сетях связи – местных, континентальных и глобальных. На этот раз речь пойдет о доступе в Интернет индивидуальных пользователей, желающих иметь скорости обмена с Сетью значительно большие, чем это позволяют телефонные модемы. Чтобы этого достичь, требуются иные технические средства. К счастью, абонентская телефонная линия позволяет получить высокие скорости, составляющие сотни килобит – мегабиты в секунду.

Типовая абонентская линия в России – это: пара проводов от телефонной розетки до распределительной коробки; от нее – кабелем до распределительной муфты и шкафа, расположенного чаще всего



Рис. 3-2. Типовая абонентская линия содержит в тракте множество стыков

прямо на улице; далее (опуская подробности) – городским многопарным кабелем до АТС. При таком беглом, поверхностном описании абонентская линия, по существу, – это два провода, проходящих через множество соединений (в коробках, муфтах, шкафах, на кроссе) и заканчивающихся на оборудовании АТС (см. рис. 3-2).

За последние годы разработаны различные технологии уплотнения абонентских линий, обозначаемые следующими аббревиатурами: HDSL, ADSL, RADSL, SDSL, IDSL, SHDSL. Все они представляют собой разные способы передачи цифровых потоков (ЦИФРОВИЗАЦИИ), совместно с голосовыми сигналами, по обычной абонентской линии (Subscriber Line – SL).

Технологии xDSL хорошо подходят для российских абонентских линий, непосредственно идущих от телефонной розетки до узла связи. (Заметим, что во многих странах это реализовано несколько по-другому: там линия от АТС заканчивается вблизи дома или поселка мультиплексором.) С другой стороны, в наших условиях дело портит «лапша» – простейший нескрученный однопарный телефонный провод, идущий от розетки до распределительной коробки. Но при замене «лапши» на витую пару узлы связи довольно легко могут создать новый вид услуг на базе технологии DSL – подачу скоростных потоков до абонента.

Повышенные дальности в DSL-технологии достигаются за счет того, что при цифровой обработке передаваемого по линии сигнала учитываются особенности проложенного кабеля. Путем использования математической модели конкретной линии модем настраивается для точного воспроизведения сигнала, что приводит к резкому уменьшению ширины используемой частотной полосы.

Рассмотрим теперь подробно две наиболее продвинутые технологии – HDSL (High-bit-rate Digital Subscriber Line – высокоскоростная абонентская линия) и ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line – асимметричная цифровая абонентская линия).

Система уплотнения HDSL обеспечивает режим передачи со скоростью около 2 Мбит/с в обе стороны по одной или двум парам проводов на расстояние до 10 км. Оборудование ADSL, наоборот, предназначено для асимметричной передачи со скоростями 6-8 Мбит/с – в сторону абонента, и 640 кбит/с или меньше – в сторону узла связи. RADSL отличается от упомянутых выше технологий тем, что поддерживает либо симметричный режим со скоростью около 1 Мбит/с, либо асимметричный – скорость к абоненту до 8 Мбит/с. SDSL обозначает, как правило, симметричную передачу по одной паре; IDSL – модификацию ISDN (цифровая сеть с интеграцией служб).

Многие компании предлагают оборудование HDSL. Из них в России наиболее известны Ascend, Pair Gain, RAD Data Communication и Schmid Telecom. Компания Pair Gain выпускает аппаратуру, подходящую как для пользователей, так и для малых офисов. Одна из последних ее разработок – Ether Phone обеспечивает доступ к Ethernet, при сохранении стандартного телефонного канала, и позволяет обмениваться данными на скорости 704 кбит/с. RAD Data Comm предлагает эффективные и недорогие модемы, передающие потоки около 2 Мбит/с по обычным телефонным кабелям. Вообще-то, RAD Data Communication выпускает весь необходимый набор аппаратуры, предназначенной для цифровизации линий связи.

Система HDSL компании Schmid Telecom под названием WATSON передает потоки 1–2 Мбит/с по одной паре проводов. Аппаратура может быть установлена и отлажена за несколько часов. Для линейной передачи WATSON использует две технологии кодирования – 2BLQ и CAP. WATSON 2, работающая в коде 2BLQ, способна передавать 1168 кбит/с по одной паре, в то время как WATSON 4, с кодом CAP 128, позволяет передать 2320 кбит/с.

Одна из особенностей асимметричной ADSL-технологии – борьба двух методов кодирования: CAP (Carrierless Amplitude and Phase) и DMT (Discrete Multi Tone). ADSL требует применения модемов на обоих концах линии – на АТС и у абонента. Если на одном конце линии смонтирован модем CAP, а на другом – DMT, то они окажутся несовместимыми. Суть в том, что CAP – это метод кодирования с одной несущей для каждого направления потока: 900 кГц – для нисходящего, 75 кГц – для восходящего (4 кГц остается для телефона). DMT – метод модуляции нескольких несущих: цифровой канал разбивается на 256 подканалов, и цифровые потоки передаются по каждому из них. Как видим, методы разные, и для нормальной работы системы надо следить, чтобы оборудование в абонентских линиях работало на одной и той же модуляции.

Первоначально ADSL разрабатывалась под сервис «видео по требованию» и поэтому предназначалась для передачи непрерывного потока. Использование этой технологии для Интернет потребовало приспособить ADSL к протоколам компьютерного обмена. Вот почему внедрение ADSL несколько задержалось – оно началось в 1998 г. Теперь приведем примеры аппаратуры ADSL.

Компания Ascend выпускает соответствующее оборудование в составе серии систем DSL. В частности, для концентратора MAX TNT она поставляет плату ADSL-CAP, работающую по одной паре проводов, со следующими характеристиками: нисходящий поток – до

6,14 Мбит/с, восходящий – до 640 кбит/с, если передача идет на расстояние до 3,7 км; соответственно 1,5 Мбит/с и 64 кбит/с – на расстояние до 5,5 км.

Весьма интересен подход фирмы к организации потоков на АТС. Предлагается пустить основной телефонный трафик через телефонный коммутатор, а данные – через коммутирующий концентратор. Вызвано такое изменение структуры узла связи следующим. По данным компании Bell Communications Research, работа в компьютерных сетях увеличила продолжительность соединения на АТС с 3 до 20 минут, а на отдельных направлениях – до 1 часа. Применение коммутатора для компьютерного обмена снимает эту проблему. Используя коммутирующий концентратор MAX, Ascend планирует именно так перераспределить поток, обеспечив при этом постепенный переход от одной ступени DSL к другой. На первой стадии – IDSL, затем переход к SDSL и, наконец, внедрение полномасштабной ADSL.

В заключение приведем сообщение о еще одной ADSL, и опять с возможностью применения сначала более простой SDSL. Японская компания Fujitsu совместно с израильской фирмой Orckit разработала ADSL-плату для мультиплексора SPEEDPORT, которая автоматически настраивается в зависимости от длины (максимально – 6 км) абонентской линии. Наибольшие скорости потока составляют: от АТС к абоненту – 8,192 Мбит/с, в обратном направлении – 768 кбит/с. Как и у Ascend, для этого мультиплексора предлагается и другая плата, по технологии SDSL, передающая в обоих направлениях по одной паре потоки со скоростями 384 кбит/с – на расстояние до 6 км и 768 кбит/с – до 4 км. В последнее время появилась ADSL2+ со скоростью передачи до 24 Мбит/с от узла связи к абоненту.

### 3.4. Скоростной доступ по сетям КТВ

Из предлагаемых решений для скоростного доступа в Интернет использование сетей кабельного телевидения (СКТВ) – одно из самых многообещающих. Широкополосность СКТВ – почти гигагерц (50–862 МГц для нисходящего потока, 5–40 МГц для восходящего). Но у сетей КТВ есть серьезный недостаток – практически «одно-стороннее движение»: весь поток в них идет сверху вниз, от телевизионных передатчиков к телевизорам. Для обратного канала (в тех немногих местах, где он существует) предусматривается только относительно узкая полоса в 35 МГц. К счастью, трафик Интернет именно таков – большой нисходящий поток и во много раз меньший восходящий, идущий от компьютера. Еще одна проблема – прямой

и обратный потоки приходится передавать в разных частотных диапазонах. Существует экзотическое предложение: обратный поток передавать не по сетям КТВ, а другим путем, например – по телефонной сети. Это было бы крайне сложно сделать, и потому в такое верится с трудом. В то же время в наших системах КТВ обратного канала почти нигде нет – сети строились с целью идеологической пропаганды, и воздействие зрителей на ТВ, как правило, не предусматривалось.

Интерактивность в СКТВ нужна не только для Интернет. Теперь это качество выступает на первый план для давно предусматривавшейся функции кабельного ТВ – видео по требованию. При появлении большого числа каналов ТВ очень важно быстро найти и заказать именно нужную передачу или фильм, получить доступ к образовательным, медицинским или спортивным программам. Для любых подобных услуг обязательно нужен диалоговый режим, то есть обратный канал просто необходим. Скорости передачи при этом на один-два порядка ниже тех, которые требуются для доступа в Интернет.

Появление в сетях КТВ интерактивного режима выведет, по мнению телевизионных специалистов, и другие сети связи на новый уровень. Дело в том, что сейчас в мире около 2 млрд. телевизоров, то есть доступ к телевидению практически повсеместен, причем этот потенциал быстро развивается. Число телевизоров растет даже быстрее, чем количество компьютеров и телефонов; при этом явно наблюдается тенденция к слиянию всех этих систем связи, перенимание ими технологий друг у друга.

Теперь кратко опишем систему кабельного ТВ. Начнем с головной станции, обслуживающей несколько крупных домов или небольшой микрорайон. От этой станции идет магистральный кабель, обычно на сотни метров, со встроенными в него магистральными усилителями. На магистрали устраивают отводы к группе домов или крупным домам через магистральные ответвители. Отводы обычно выполняют среднегабаритным субмагистральным кабелем, а заканчиваются они, как правило, домовыми усилителями. Здесь уже начинается распределительная часть сети, представляющая собой вертикальную проводку распределительным кабелем по лестничным площадкам. На каждом этаже здания устанавливают абонентский разветвитель, а от него относительно тонким кабелем делают отводы в квартиры, к абонентским розеткам (см. рис. на переплете).

Абонентский кабель заканчивался еще недавно разъемом. Однако в последнее время кабель все чаще и чаще заделывают в телевизионные розетки, оборудованные коаксиальным гнездом. Весь

тракт кабельного ТВ имеет волновое сопротивление 75 Ом. Заметим, что абонентская проводка значительно превалирует над остальной частью сети КТВ как по длине проложенных кабелей, так и по стоимости. К сожалению, ей уделяется наименьшее внимание.

С инженерной точки зрения кабель для СКТВ представляет собой интересное изделие. В магистральных прокладывают толстые и дорогие коаксиалы. Субмагистральные и домовые распределительные участки выполняют из среднеразмерных кабелей диаметром 10–15 мм. Самые простые, легкие и дешевые кабели заводят в квартиры и разводят по ним. Более подробно о кабелях написано в *главе 9*.

Выход в Интернет по сетям КТВ происходит через так называемый «кабельный модем». Этот термин крайне неудачен: он не отражает ни конструкцию, ни принцип подключения устройства. Если обычный модем называют «телефонным», то указанный выше по аналогии можно было бы именовать «телевизионным». Но лучше всего подходит слово «коаксиальный», так как те тракты, для которых предназначено данное устройство, как правило коаксиальные.

Поясним сказанное чуть подробнее. Известно, что в квартиру заходят четыре вида проводки: силовая, телефонная, телевизионная и радиотрансляционная. О каком кабеле идет речь, когда произносят слова «кабельный модем», остается неясным. Но единственный коаксиал, входящий в квартиру, – телевизионный, и тут уже никто не ошибется, подключая модем. Более того: и телевизионная розетка имеет коаксиальный выход, так что так и хочется подключить к ней «коаксиальный модем».

Теперь приведем примеры проектов для передачи трафика Интернет по сетям КТВ. Один из самых проработанных – обеспечение доступа к Сети для научных работников и населения небольшого городка Троицка в Московской области. Там применили существующие уже в городе сети: городскую сеть кабельного ТВ и базовую волоконно-оптическую сеть. Анализ ситуации показал, что путем относительно небольших капиталовложений можно по существующим сетям организовать для жителей города доступ в Интернет с повышенными скоростями.

Не менее впечатляющий проект – скоростной доступ в Интернет по Московской волоконно-оптической сети (МВОС), она охватывает всю территорию Москвы. Магистральные оптоволоконные каналы сети обеспечивают скорость передачи 622 Мбит/с, а пользователям представляются выделенные каналы с пропускной способностью 2 Мбит/с. В рамках проекта МВОС создается объединенная широкополосная городская сеть кабельного ТВ. В планах на будущее – пред-

ставление по этой сети интерактивного видеосервиса, а также высокоскоростного доступа в Интернет. Подробнее о доступе в Интернет по сетям кабельного телевидения рассказано в *главе 9*.

### 3.5. Доступ Интернет через Ethernet

Существует три основных способа скоростного проводного доступа Интернет через цифровую абонентскую линию (DSL), через сеть кабельного телевидения (СКТВ) и через Ethernet. В последнее время и доступ по DSL, и доступ по СКТВ часто выполняется через сеть Ethernet. При этом ввод DSL или СКТВ имеется на входе в здание, а дальнейшее распределение осуществляется по локальной или домовой сети Ethernet.

Отметим, что изначально доступ через DSL и СКТВ рассматривался как индивидуальный, т.е. для единичного пользователя. Поэтому модемы для этих видов доступа устанавливались непосредственно в квартирах. Со временем подобный доступ приобрел массовый характер, и пользователей начали подключать через домовые сети Ethernet. Постепенно надобность в модемах стала отпадать, а подключение осуществляется через порт RJ45 и четырехпарный кабель Интернет.

Как же устроен доступ в Интернет через Ethernet? В определенной точке (точка входа в сеть, точка доступа и т.п.) к дому подводится сеть Интернет. Дальнейшее распределение происходит уже по сети Ethernet, с разделением трафика между пользователями. Такое распределение тем выгодно, что трафик Ethernet ниже, чем суммарная индивидуальная нагрузка от абонентов. Происходит это из-за свободного доступа к сети, чем и славится Ethernet.

Сеть Ethernet может быть домовой, квартальной, районной и даже городской. В ближайшее время она может стать глобальной – соответствующий стандарт сейчас разрабатывается организациями IEEE и MEF (metro Ethernet Forum). Точка доступа во внешнюю сеть находится, как правило, на чердаке или верхнем этаже дома, а кабель зачастую заходит с крыши. Может заходить симметричный (для ASDL) или коаксиальный (для СКТВ) кабель. В последнее время все чаще и чаще сюда подается оптический кабель. Далее стоит медиаконвертор (если он необходим) и коммутирующий концентратор, распределяющий поток по квартирам. Распределение производится, как правило, симметричным четырехпарным кабелями («витая пара») Категории 3 (скорость до 10 Мбит/с) или 5е (для скоростей до 1 Гбит/с). Дело в том, что часто по этой же проводке функционирует и домовая



сеть Ethernet, дающая возможность пользователям вести обмен внутри сети на очень высоких скоростях.

Количество подключений через Ethernet, DSL и СКТБ соотносится примерно как 6:3:1. Очень сложно отделить непосредственные DSL-подключения от доступа по DSL, подключаемого через Ethernet. Часто сами провайдеры эти два способа путают, называя доступ к DSL через Ethernet доступом через DSL. То же самое бывает с доступом по СКТБ, так что относиться к статистике подключений следует с осторожностью.

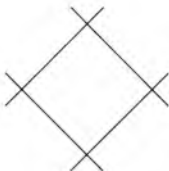


Рис. 1-А. 900-парный  
телефонный кабель  
(реальный размер)

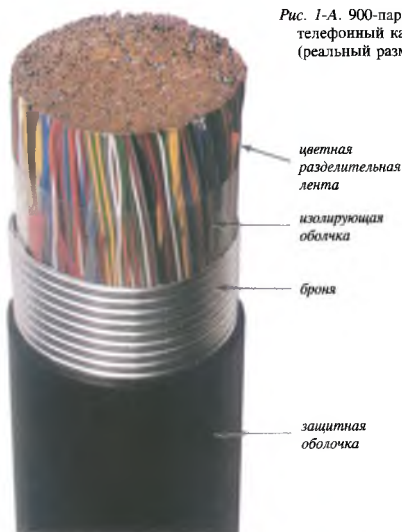
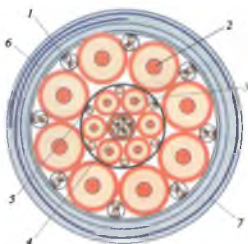


Рис. 1-В. Комбинированный  
коаксиальный кабель для  
прокладки в земле.

- 1 – симметричные пары;
- 2 – коаксиальные пары 2,6/9,5  
с шайбовой изоляцией;
- 3 – коаксиальные пары 1,2/4,4  
с балонной изоляцией;
- 4 – звездная четверка;
- 5 – сигнальные жилы;
- 6 – металлическая оболочка;
- 7 – броня из двух стальных лент



Иллюстрация



Рис. 1-С. Стандартный оптический Lap-кабель



Рис. 1-D. Ленточный оптический кабель для внутренней проводки

Рис. 1-E. Конструкция сложного оптического кабеля



Рис. 1-F. Оптические соединители

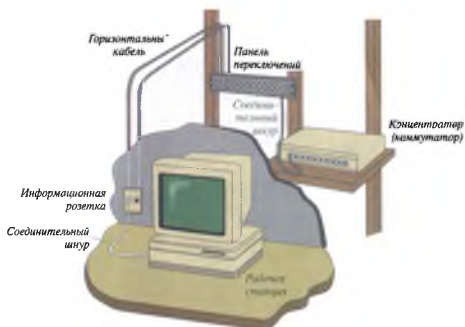


Рис. 5-А. Горизонтальная проводка Категории 5 с двумя соединителями

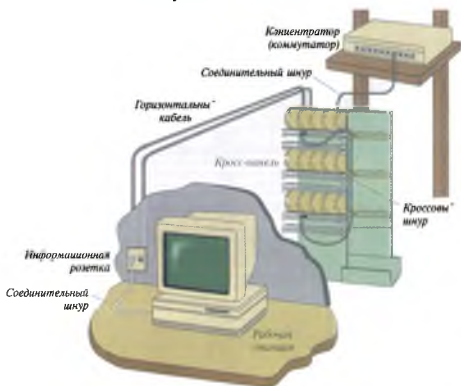


Рис. 5-В. Горизонтальная проводка Категории 5 с тремя соединителями



Рис. 9-А. Сегмент гибридной волоконно-коаксиальной сети, с тремя вариантами доступа в Internet.  
(ПУ – первичный узел, ВУ – вторичный узел)

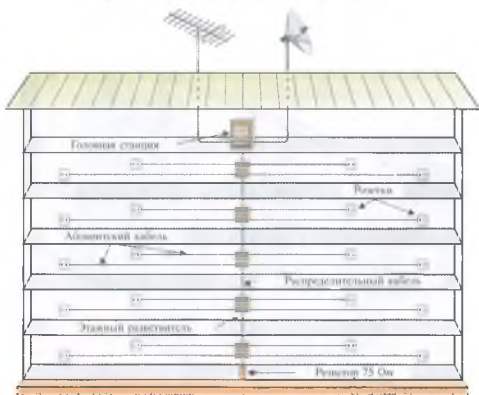


Рис. 9-В. Коаксиальная широкополосная проводка в здании

Магистральный коаксиальный кабель

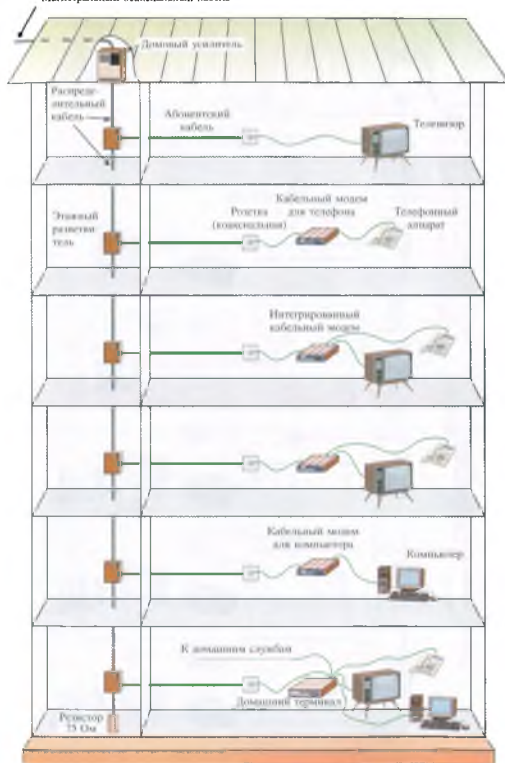


Рис. 9-С. Домовая сеть с индивидуальным подключением модемов

Иллюстрации

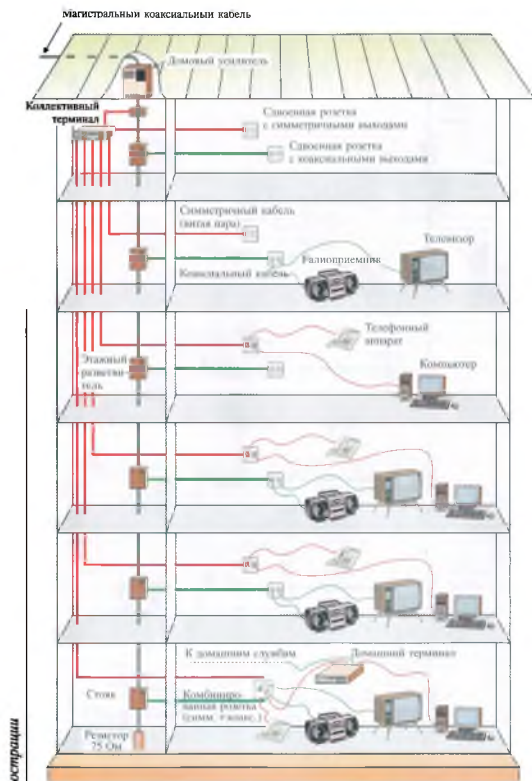


Рис. 9-D. Домовая сеть с коллективным терминалом

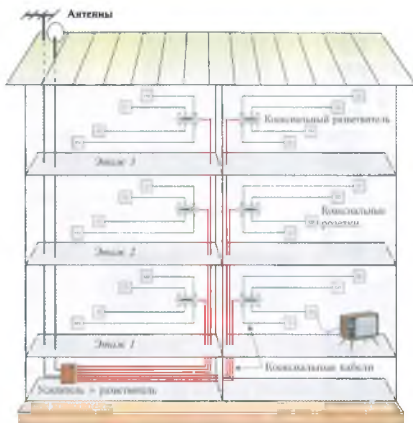


Рис. 9-Е. Коаксиальная распределительная сеть по схеме «звезда»

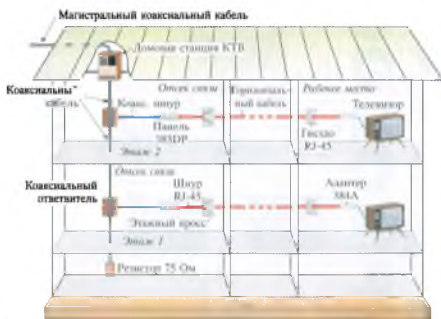


Рис. 10-А. Передача телевизионных сигналов по SYSTIMAX



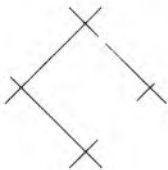


**Рис. 10-В.** Раздельная мультимедийная проводка для загородного дома.  
(При добавлении Мини-АТС и сервера образуется малый офис – SOHO)



**Рис. 10-С.** Совмещённая мультимедийная проводка на основе продукции компании KERPEN. (Данная сеть – восьмипортовая, назначение – коттеджи; при расширении её функций – для SOHO)

## *Часть II*



---

# **ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ КАБЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ**

---

# Введение

Разработчики компьютерных сетей, далекие от кабельной техники, склонны изображать компьютерные кабельные системы (далее, для краткости, – компьютерные проводки или просто – проводки) в виде черточек или облачков, через которые, по их мнению, и происходит соединение объектов сети. Терминология при этом используется самая разнообразная. В опубликованных проектах кабель называют «средой передачи», «передающей средой», «физической средой передачи», а то и «физическим носителем».

Оптические кабели именуют «оптико-волоконными», «волоконно-оптическими» или даже «волоконно-оптическими линиями связи» (ВОЛС), что вовсе не кабель, а следующий системный уровень, т. е. линия связи со всей атрибутикой – муфтами, соединителями, канализацией и т. д.

Посмотрим, что же происходит в мире проводок. Сразу заметны такие особенности развития кабельных систем для локальных сетей, как структуризация (т. е. разбиение на отдельные составные части) и постепенная замена коаксиальных кабелей на кабели из витых пар и оптические. Причем горизонтальная проводка (нижний уровень такой структуризации) чаще всего выполняется на основе витых пар, а вертикальная проводка (следующий уровень структуризации) в зданиях и соединительные линии на территории – оптическими кабелями.

В последнее время наблюдается стремление к унификации проводки. Так, практически все сетевые компании предлагают в составе своих систем кабели из неэкранированных витых пар и оптические. Как правило, одновременно присутствуют и унифицированные соединители, например, типа RJ45. До этого разные системы оставались в значительной мере «закрытыми», т. е. плохо совмещались друг с другом.

В подходах к построению компьютерных кабельных систем прослеживаются *две тенденции*.

*Информационные отделы* предприятий, создавая локальную сеть, исходят из имеющихся компьютеров, которые необходимо соединить друг с другом, и наращивают сеть постепенно. Такие сети по устройству соединений (но не по принципу действия) остаются доста-

точно простыми. Это видно из описаний конфигураций сетей, приводимых в каталогах фирм 3Com, HP и др. Проводки для таких сетей развивают по мере увеличения парка компьютеров, которые следует объединить в сеть.

*Системные интеграторы*, проектируя сети, наоборот, исходят из специально разработанной для здания проводки. А такая проводка создается весьма сложной изначально: с разветвленной структурой, кроссами, розетками и т. п. Поэтому для компьютерных сетей была практически сразу предложена специально разработанная многоуровневая кабельная система с разбивкой ее на структурные подсистемы, с возможностями перестроек и многочисленных переключений.

В настоящее время эти две тенденции в развитии локальных кабельных сетей находятся в противоборстве. Каждая имеет свои преимущества, но обладает также и существенными недостатками.

Создавая сеть согласно первой тенденции, проводку получают быстрее, дешевле, но сложную в эксплуатации, модернизации и т. д.; она рассмотрена в *главе 4*.

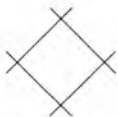
В следующих главах подробно рассмотрены кабельные системы в рамках второй тенденции.

До сих пор наиболее массовыми остаются кабельные системы Категорий 5 и 5е; им внимание уделено в *главе 5*.

В *главе 6* рассмотрено развитие компьютерной проводки после Категории 5, на пути к Категории 6.

В *главе 7* изложены технические требования к горизонтальной проводке для самых высокоскоростных компьютерных сетей.

Завершающая *глава 8* посвящена эволюции кабельных систем за 20 лет, а также взаимосвязи кабельных систем и сетей Ethernet в течение 30 лет. Изложение материала ведется в хронологической последовательности, начиная с первоначальных проводок, и заканчивается самыми современными кабельными системами.



## Тенденция развития кабельных систем

### 4.1. Первоначальная проводка для сетей Ethernet

Первая (из обозначенных во Введении) тенденция лучше всего прослеживается на примере Ethernet – этой самой распространенной в настоящее время сети.

Основы построения сетей этого типа определяются стандартом IEEE 802.3, а именно: спецификациями 10 BASE 2 – Ethernet на тонком коаксиальном кабеле, 10 BASE 5 – на толстом коаксиальном кабеле, 10 BASE T – Ethernet на неэкранированных витых парах. Последняя спецификация разработана в связи с тем, что многие здания уже имели кабельную проводку с витыми парами, проложенными для цифровой телефонной связи.

#### *Однородные сети Ethernet*

*Сеть Ethernet на толстом коаксиальном кабеле*, имеющая топологию шины, – капитальная сеть с темпом передачи 10 Мбит/с, требующая специального, т. н. «желтого» кабеля. Она содержит трансиверы (приемопередатчики), установленные на самом кабеле с помощью «вампиров» – врезаемых в кабель съемников, к которым и крепятся трансиверы. Последние соединяются с рабочими станциями отдельным кабелем со специальными разъемами. Сегмент (участок) такой сети Ethernet имеет длину до 500 м и включает до 100 устройств.

*Сеть Ethernet на тонком коаксиальном кабеле* (обычно RG-58A/U) более мобильна, удобна в строительстве и эксплуатации. При том же темпе передачи (10 Мбит/с) она базируется на более легких и дешевых кабелях и разъемах. Рабочие станции имеют встроенные в адаптеры (сетевые платы) трансиверы, а весь монтаж очень прост – соединения часто производят прямо на задней стенке компьютера. Длина сегмента может быть до 185 м; при этом можно подключить до 30 устройств. Известны случаи нормальной работы сети при длинах сегментов 300 и более метров. Последовательно можно соединить до трех сегментов, а между ними еще включить две соединительные линии (рис. 4-1).

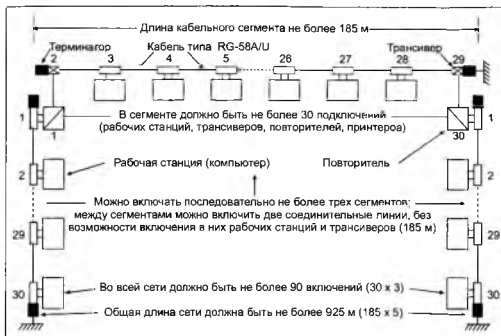


Рис. 4-1. Сеть Ethernet на тонком коаксиальном кабеле

Участки сети Ethernet на тонком кабеле можно подключать к сети на толстом кабеле для формирования большой сети. Таким способом сеть можно развивать.

В локальной сети Ethernet на витых парах можно использовать существующие (уже проложенные) телефонные кабели с неэкранированными витыми парами или проложить такие кабели специально. В отличие от описанных выше сетей на толстом и тонком коаксиальных кабелях (имеющих топологию шины), сеть Ethernet на витых парах имеет топологию «звезды». Рабочие станции подключаются с помощью сегментов из витых пар к концентратору, как показано на рис. 4-2.

Такая конфигурация упрощает подключение новых рабочих станций и делает их более независимыми друг от друга. Длина сегмента до 100 м.

Подобные простые сети Ethernet могут быть объединены в более сложные путем применения нескольких концентраторов (рис. 4-2) или присоединены к сетям Ethernet на толстом или тонком коаксиалах (так, для краткости, мы будем иногда называть коаксиальные кабели).

Напомним, что между двумя рабочими станциями в сети Ethernet должно быть не более пяти кабельных сегментов, включая соединительные линии между концентраторами.

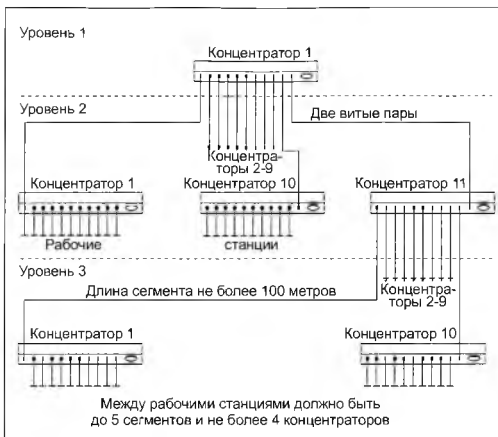


Рис. 4-2. Сеть Ethernet на витых парах

### *Сети Ethernet со смешанными кабелями*

Для сетей Ethernet можно использовать комбинацию из витых пар, толстого коаксиала и тонкого коаксиала. Для соединения кабельных сегментов Ethernet требуется два трансивера и один репитер (повторитель). Комбинация этих устройств называется *повторительной секцией* (repeater set). Концентратор также является «повторительной секцией», поскольку он восстанавливает и усиливает цифровые сигналы и имеет трансивер для каждого порта (на каждом входе). Между двумя рабочими станциями допустимо устанавливать не более четырех повторительных секций. Присоединение сети Ethernet на коаксиале к сети на витой паре требует включения трансивера. Однако этот трансивер не учитывается, когда определяют число повторительных секций между двумя рабочими станциями. Для соединений между частями сети, выполненными на разнотипных кабелях, служат специальные интерфейсы. Непосредственное соединение производят с помощью *AUI-кабеля* («кабеля внешнего доступа»). На рис. 4-3 по-

казан пример сети Ethernet смешанного типа, на витых парах и тонком коаксиале. Такая конфигурация нужна, если часть сети расположена дальше чем в 100 м от одного из концентраторов, или необходимо использовать все порты концентратора. При этом AUI-кабель соединяет внешний трансивер и AUI-порт концентратора.

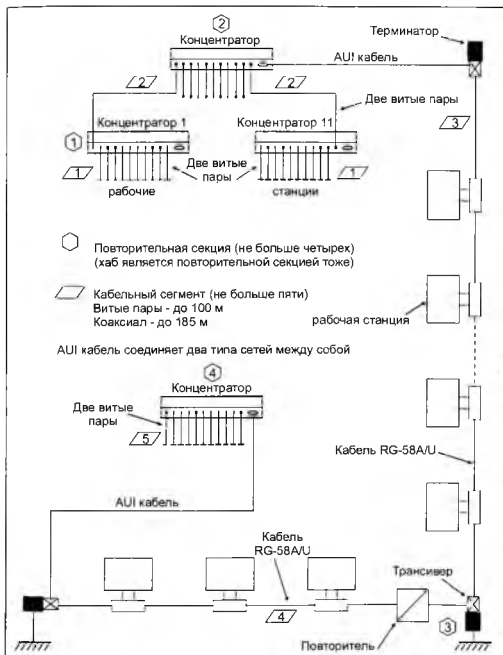


Рис. 4-3. Гибридная сеть Ethernet на коаксиальном кабеле и витых парах



Участки сети (см. рис. 4-3), выполненные на витых парах, соединяются между собой двумя сегментами на тонком коаксиале, на которых также могут включаться рабочие станции. При необходимости и такая, довольно сложная сеть может быть расширена за счет включения дополнительных трансиверов и концентраторов.

### **Кабели для сетей Ethernet**

Для описанных выше сетей Ethernet характерно применение всего двух видов кабельной продукции: коаксиальных кабелей типа RG-58 (RG-58/U, RG-58A/U, RG-58C/U) и кабелей с неэкранированными витыми парами. Это может вызвать недоумение, т.к. в каталогах ведущих кабельных фирм имеется много хорошо экранированных кабелей для локальных сетей, но они в наиболее массовых сетях почти не употребляются.

Специалисты по сетям отмечают, что с помощью аппаратных и программных средств преодолена необходимость глубокой экранировки, и в последнее время хорошо экранированные кабели практически не применяются. Однако это противоречит материалам МЭК (Международной электротехнической комиссии – IEC), где высоко- и сверхэкранированным кабелям уделяется большое внимание. Очевидно, что в последние годы проводились работы как в том, так и в другом направлении. Но остается фактом то, что в строящихся теперь в России сетях не нашел употребления толстый коаксиал Ethernet и мало применяются кабели с экранированными витыми парами и внешними экранами.

Типовые кабели RG-58A/U имеют множество модификаций, в том числе с дополнительными экранами. Тем не менее, в инструкциях к распространенным сетям прямо указано, что хотя применять можно любой 50-Омный кабель, но желательно – RG-58A/U. Кабель марки RG-58A/U выпускают многие кабельные фирмы, такие как Belden, Kabelmetal Electro, Philips, BICC и другие. В сетях на витых парах используют кабель, содержащий четыре (или более) пары. Наиболее массовый сейчас кабель – четырехпарный.

### **Соединители для сетей Ethernet**

В сетях Ethernet на коаксиальных кабелях используются коаксиальные соединители: для сетей на толстом кабеле – *соединители типа N* (7/3 мм), на тонком кабеле – *соединители BNC* (байонетного типа). При этом на адаптере монтируется *розетка*, а на кабеле – *вставка соединителя*. Кроме того, имеются *T-коннекторы* (тройники) и *терминаторы* (оконечные нагрузки), тоже коаксиального исполнения.

В инструкциях по установке и монтажу коаксиальных проводок, как правило, подробно описываются способы армирования кабелей сети.

Обычно монтаж производят с помощью обжимных соединителей (в некоторых инструкциях даже не рекомендуется применять паяные соединители). Кабели между собой соединяют с помощью *соединителя barrel* (дословно – «бочонок», мы называем «гнездо-гнездо»), но применять такие переходники следует как можно реже. Лучше всего между рабочими станциями использовать цельные, неразрезанные отрезки кабеля. Только один из терминаторов сети на коаксиальных кабельных сегментах должен быть заземлен.

В сетях Ethernet на витых парах применяют *соединитель типа RJ45*, который заделывают на кабель из витых пар, монтируют на сетевые платы, встраивают в корпуса концентраторов и в стенные розетки. В этом соединителе имеется 8 контактов, к которым и присоединяют 8 проводов от четырех неэкранированных пар. На кабель надевают *разъем* (plug), а в приборы встраивают *гнездо* (jack). Распространены также разъемы с врезными кабельными контактами.

Если компьютерную сеть устраивают по уже проложенным кабелям, то требуется в стенах помещений установить специальные *информационные розетки* (outlet), в которых и смонтировать модули RJ45. Сначала кабель армируют модулем RJ45 и уж затем собирают стенную розетку. При этом необходимо следить за правильным присоединением проводов в соответствии с цветовым кодом. Порядок подсоединения дается в инструкциях по монтажу.

Кроме указанных соединителей, в некоторых случаях используют *разъем типа DB-15*: для соединения трансивера и концентратора с помощью AUI-кабеля (кабеля внешнего доступа) и для присоединения трансивера к адаптеру, установленному в рабочей станции.

Этим набором соединителей ограничиваются традиционные сети Ethernet. Инструкции по установке и монтажу сетевого оборудования дают подробные указания о подготовке и выполнении соответствующих операций.

Отметим также, что несмотря на кажущуюся простоту кабелей и соединителей, именно от качества выполнения сетевой проводки чаще всего зависит безошибочная работа всей сети.

## 4.2. Структурированные кабельные системы

В 90-х годах XX века локальные кабельные системы получили широкое распространение. Эту совершенную технику выпускают в массовом порядке многие электронные, коммуникационные и элект-

ротехнические компании. Имеется несколько крупных фирм, производящих соединители и соединительную арматуру, кабели, а также приспособления для разделки кабелей и заделки их в соединители.

Весь этот значительный промышленный потенциал задействован в изготовлении, поставке, обеспечении монтажа, сертификации и последующем обслуживании (что очень важно) полностью комплектных, стыкующихся со всем сетевым оборудованием систем проводки для зданий и других закрытых сооружений. За этим видом промышленной продукции закрепилось название *структурированные кабельные системы*.

Говоря о второй тенденции в развитии компьютерных проводок – структурированных кабельных системах, следует отметить, что к концу 90-х годов на Западе производство таких систем выделилось в самостоятельную отрасль.

### *Основы структурированной проводки*

Различные источники относят возникновение структурированных кабельных систем к 1984–86 гг. Прорыв в этой области произошел после принятия в 1991 г. стандарта EIA/TIA-568 и сопутствующих ему документов.

Между рабочими станциями локальной сети кабель прокладывается не напрямую (непосредственно), а проходит через ряд устройств (концентраторов, кроссов) и заканчивается розеткой. Внутри многоэтажного здания обычно прокладывают *вертикальные* и *горизонтальные* проводки. Кроме того, горизонтальная проводка еще разделяется с помощью точек перехода (см. *рис. 4-4*).

Такая кабельная система и называется структурированной. При перемещениях служб и персонала внутри здания из одних помещений в другие не изменяют саму проводку – достаточно аппаратуру из одних помещений перенести в другие и сделать необходимые переключения на кроссировочных панелях. Так как во всех помещениях ставят однотипные розетки для всех видов оборудования, то проводка обладает хорошей *приспособляемостью*.

Такие системы не требуют каждый раз прокладывать новую проводку и ставить новые розетки, а позволяют использовать при любых переустройствах или перестановках ту сеть, которая капитально смонтирована в здании. Обычно фирмы дают гарантии на работу таких систем в течение 15 лет, без значительных переделок кабельной разводки.

Структурированная сеть требует в начальный период, при строительстве, больших затрат, зато потом она окупается в процессе экс-

плутации и более удобна. Основные соединения в структурированной системе выполняют стандартным кабелем с четырьмя витыми парами. В стены помещений монтируют большое количество розеток с различным числом модулей; минимально используют два модуля. В случае, если локальных сетей в здании больше, чем одна, число прокладываемых витых пар и монтируемых модулей соответственно увеличивается. По такой кабельной системе кроме компьютеров работают еще телефон, телефакс, телевидение, охранная и другие виды сигнализации, управление открыванием и закрыванием различных кранов, задвижек, вентиляцией и т. д., т. е. она *универсальна*.

Структурированная кабельная система является как бы *нервной системой здания*. Предусмотрены способы и устройства соединения структурированной проводки с другими сетями, а также выходы в более крупные – местные, региональные и глобальные сети через внешнюю подсистему.

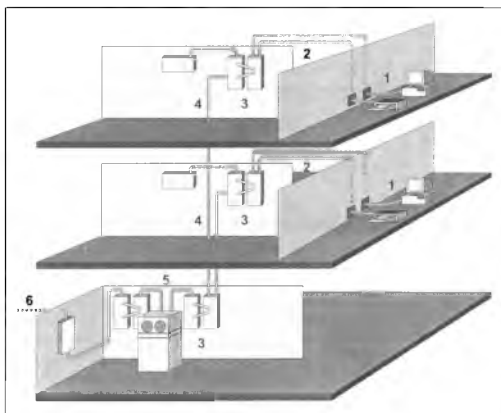


Рис. 4-4. Структурированная кабельная система

- |                                |                             |
|--------------------------------|-----------------------------|
| 1 – подсистема рабочего места; | 4 – вертикальная подсистема |
| 2 – горизонтальная подсистема; | 5 – подсистема аппаратной;  |
| 3 – подсистема управления;     | 6 – внешняя подсистема      |

### *Структурные составляющие проводки*

Структурированная кабельная система (рис. 4-4) состоит из следующих подсистем: 1) рабочего места; 2) горизонтальной; 3) управления; 4) вертикальной; 5) аппаратной; 6) внешней. Если вся система строится в одном здании, то имеются только первые четыре или пять подсистем. На рабочем месте устанавливаются розетки с модулем типа RJ45. К каждому восьмиконтактному модулю подводится четырехпарный кабель.

Унифицированная проводка (4 витые пары + модуль RJ45) применяется для передачи всех видов сигналов – голоса, данных, видео (см. рис. 4-5), а также мультимедиа и графики. Для любой сети (телефонной, компьютерной, видео) можно выбрать любые порты – качество связи при этом не меняется. В одном корпусе розетки на рабочем месте может устанавливаться от двух до четырех (и более) модулей, в зависимости от количества сетей.

На проводку в структурированных системах приходится до 10 % стоимости, в то время как в обычных (неструктурированных) сетях – 4–6 % стоимости сетевого оборудования. Таким образом, в структурированной системе заложена значительная *избыточность*, позволяющая наращивать виды передачи сигналов и применять различные комбинации сетей.

Рассмотрим назначение и состав подсистем.

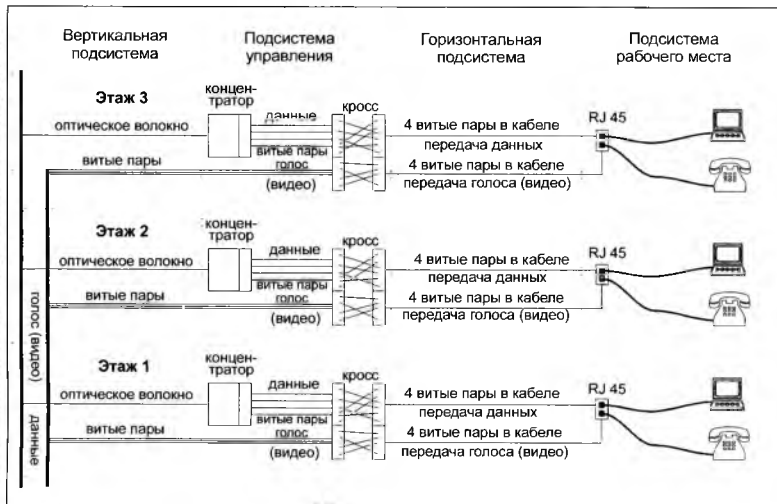
1. *Подсистема рабочего места.* Эта подсистема предназначена для подключения оконечных устройств (компьютеров, терминалов, принтеров и т. п.) к локальной сети. Часто в такой подсистеме используют переходник balun (*balance/unbalance*).

2. *Горизонтальная подсистема.* Она может быть проложена коаксиалами, оптическими волокнами или витыми парами. Однако при использовании коаксиальных кабелей возникают большие трудности кроссировки. Сейчас применяют в основном неэкранированные витые пары, а в дальнейшем будут использоваться оптические волокна.

3. *Подсистема управления* – состоит из панелей для кроссировки и соединительных шнуров, обеспечивающих переключение цепей. Здание, как правило, уже имеет подобные устройства для телефонной и других видов связи.

4. *Вертикальная подсистема* – соединяет между собой этажи здания и обеспечивает соединение подсистем управления. Она должна удовлетворять определенным требованиям на вертикальную проводку. Выполняется из оптического волокна, коаксиального кабеля или витых пар. Уже определилась тенденция: в новых сетях для передачи данных использовать оптическое волокно. Кстати, приме-

Рис. 4-5. Структурированная кабельная система внутри здания



нение оптического волокна в этой проводке приводит к большой экономии меди.

5. *Подсистема аппаратной* – в крупных сетях с центральным компьютером служит для соединений электронного оборудования в центральном зале (аппаратной).

6. *Внешняя подсистема* – служит для соединения между собой различных зданий, находящихся на территории предприятия, учебного заведения и т. п. Могут использоваться коаксиал или волокно, но предпочтительнее оптическое волокно, т. к. оно хорошо стыкуется с вертикальной подсистемой.

### *Промышленное обеспечение*

Построение сетей по структурированной схеме находится в фокусе внимания многих сетевых компаний. Они создали ряд интеллектуальных концентраторов. Последние снабжаются большим числом соединителей для различных типов кабелей: коаксиального, оптического, неэкранированных и экранированных витых пар.

Такие компании как Bay Networks, Lucent Technologies, 3Com и др. снабдили структурированные кабельные системы сетевым электронным оборудованием. Многие из подобных устройств позволяют выполнять передачу голоса, данных и видео по однотипным кабелям, в том числе неэкранированным витым парам. К одному рабочему месту можно продолжить два (или более) четырехпарных кабеля. Четырехпарная проводка поддерживает и ISDN (цифровая сеть с интеграцией служб). Указанные ниже виды продукции соответствуют топологии «звезда» в горизонтальной и вертикальной подсистемах. Наиболее известные в России поставщики структурированных кабельных систем: AMP Netconnect, Brand-Rex, ITT Canon, SYSTIMAX Solutions, Reichle & De-Massari, Panduit, RIT, Siemon и др. Среди них первое место по вложенным средствам и количеству спроектированных и действующих систем занимает SYSTIMAX Solutions. Продукция всех перечисленных компаний обеспечивает нормальную работу сети при включении концентраторов и коммутаторов.

Благодаря своим особенностям, структурированная проводка попадает в разряд капитальных (а не текущих) затрат. Сооружают такую сложную систему на 15–20 лет. Обычная, неструктурированная проводка для локальных сетей сохраняется без переоборудования не более 3–5 лет – потом ее обязательно приходится переделывать.

Строят структурированную сеть основательно, как всякое долговременное сооружение, поэтому и закладывают значительную *избыточность*. Еще в проекте предусматривают дополнительные рабочие

места, возможности перестановок оборудования и переездов персонала. Это требует значительного количества дополнительных розеток, кабеля, шнуров, кроссировочных панелей. Предусматривают размещение пассивного и активного оборудования в специальных комнатах связи или монтажных шкафах, предназначенных для администрирования (управления) сетью. Структурированность (разбиение на подсистемы) позволяет эксплуатировать части локальной сети как отдельные сети, что делают во время аварий, ремонта и при других вынужденных обстоятельствах.

Таким образом, структурированная кабельная система является современным, скоростным, многофункциональным (голос, данные, видео, графика и мультимедиа) сетевым решением долговременного использования, относящимся к разряду капитальных сооружений.

### ***Стандарт EIA/TIA-568***

*Мощные концентраторы (коммутаторы) и структурированная кабельная система являются основой современных локальных компьютерных сетей.*

*Сетевая компьютерная проводка все чаще попадает в проекты зданий и сооружений, а затраты на нее постепенно переходят из текущих в капитальные.*

Предлагаемые различными компаниями структурированные проводки очень похожи, что не должно удивлять: все они соответствуют стандарту EIA/TIA-568 Commercial building telecommunication wiring standard, вышедшему в июле 1991 г. Позднее этот стандарт был дополнен документами TSB 36 (декабрь 1991 г.) и TSB 40 (август 1992 г.), в которых введены Категории 3, 4 и 5 для кабелей с неэкранированными витыми парами и соединительного оборудования, соответственно.

Основное новшество в этих документах – установление технических требований к изделиям трех Категорий, позволяющим создавать в здании кабельную систему, функционирующую до 100 МГц. Такая проводка поддерживает как давно существующие локальные сети, так и недавно появившиеся и обеспечивает развитие еще более скоростных сетей. В 1995 г. выпущена новая редакция этого стандарта – ANSI/TIA/EIA-568-A, а в 2002 г. – ANSI/TIA/EIA-568-B.

Стандарт EIA/TIA-568 закрепляет следующий *состав горизонтальной проводки.*

1. Длина горизонтальных кабелей не должна превышать 90 м, независимо от типа кабеля.



2. Допускаются к применению четыре типа кабелей:
  - а) четырехпарный из неэкранированных витых пар с волновым сопротивлением 100 Ом;
  - б) двухпарный из экранированных витых пар с волновым сопротивлением 150 Ом;
  - в) коаксиальный (по типу RG-58) с волновым сопротивлением 50 Ом (в новых системах не рекомендован);
  - г) оптический кабель с волокнами размером 62,5/125 мкм.
3. Соответственно рекомендованы следующие типы соединителей:
  - а) модульный восьмиконтактный RJ45;
  - б) специальный IBM (IEEE 802.5);
  - в) коаксиальный BNC;
  - г) оптический соединитель.
4. На каждом рабочем месте устанавливают не менее двух розеток: одна – модульная восьмиконтактная типа RJ45; как вторую можно установить любую из перечисленных в п. 3.
5. Приняты две схемы разводки четырехпарного кабеля в разьеме RJ45:
  - а) T-568A (рекомендована);
  - б) T-568B (соответствует AT&T 258A).
6. Для проводки принята топология «звезды».

В стандарте имеются и другие существенные рекомендации (о принципах размещения оборудования, о расположении адаптеров, о способах соединения и т. п.), но мы здесь приводить их не будем.

Хочется также отметить, что стандарт и дополнения к нему постоянно развиваются и совершенствуются специальной группой подкомитета TR41.8. Так, были разработаны документы, в которых представлены пересмотренные требования к элементам проводки, а также предложены критерии для оценки проводки в собранном, смонтированном виде (приведены в приложении Annex E к стандарту TIA/EIA-568A).

### ***Горизонтальная проводка***

Горизонтальная проводка может иметь в своем составе до 90 м горизонтальных кабелей, до 10 м соединительных шнугов и до четырех соединителей. В документе TIA (Telecommunications Industry Association) TSB 67 сформулированы технические требования к наихудшему сочетанию элементов, которыми и следует руководствоваться.

В последовавшие после принятия стандарта годы происходило вытеснение коаксиальных кабелей и, частично, экранированных ви-

тых пар из сетевых проводов. Обусловленно сказанное двумя обстоятельствами: быстрым ростом характеристик неэкранированных витых пар и стремлением к однотипности линий для различных видов связи.

Поскольку (как следует из вышесказанного) на каждом рабочем месте устанавливается хотя бы одна розетка с гнездом RJ45, проявилось стремление и другие розетки ставить такие же, т.е. RJ45. Были разработаны *переходники balun* (*balance/unbalance*) с витых пар на другие типы кабелей, и системы проводки значительно упростились. Например, упомянутая выше SYSTIMAX СКС содержит только кабели из неэкранированных витых пар и оптические.

Логические конфигурации локальных сетей – «кольцо», «звезда», «шина» – реализуются топологически в виде «звезды» (см. рис. 4-6). «Звездная» проводка из неэкранированных витых пар поддерживает практически все типы локальных сетей. Изменения, необходимые для модификации топологии сети, происходят в других подсистемах структурированной кабельной системы. Горизонтальная подсистема остается неизменной, что важно при долговременной эксплуатации проводки, поскольку она составляет до 90 % системы.

При такой топологии, в случае отключения или повреждения какого-либо из «лучей» звезды, в подсистеме управления производятся необходимые переключения, но логическая конфигурация остается без изменений. Большие преимущества «звездной» топологии привели к тому, что теперь она применяется практически во всех проводках. Подобные структурированные системы поставляют многие компании – производители оборудования.

Все основные изменения, относящиеся к типу локальной сети, происходят в подсистемах управления и вертикальной. Горизонтальная проводка из неэкранированных витых пар Категории 5 остается неизменной для всех скоростных локальных сетей.

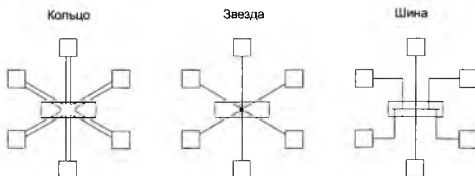


Рис. 4-6. Логические конфигурации сетей – «кольцо», «звезда», «шина», реализованные в топологии «звезда»

Дрейф к однопроводной проводке усилил споры между сторонниками неэкранированных и экранированных кабелей: обе стороны приводят веские аргументы в пользу своей точки зрения. Можно лишь констатировать, что кабели из неэкранированных витых пар занимают главное место в современной горизонтальной проводке для локальных сетей в России. В дальнейшем мы постараемся рассмотреть в деталях именно такие проводки, делая упор на высокоскоростные сети, работающие в полосе частот до 100 МГц и выше.

Кроме скоростных локальных сетей по проводке из неэкранированных витых пар функционируют системы телефонной связи, сигнализации, охраны, пожарной безопасности, системы контроля вентиляции, кондиционирования, отопления. Появилась концепция интеллектуального здания, основой проводки для которого служит структурированная кабельная система.

### **Развитие структурированных систем**

Возможности структурированных кабельных систем по скорости передачи «вчера» и «сегодня» показаны на рис. 4-7.

Промышленность выпускает все необходимое оборудование для сетей в соответствии со стандартами IEEE 802.3 – Ethernet (10 и 100 Мбит/с), работающее по неэкранированным витым парам. Кро-

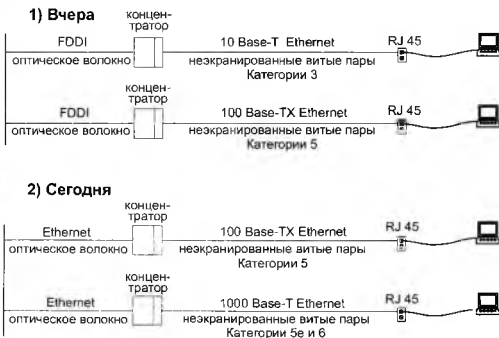


Рис. 4-7. Самые распространенные сети: вчера и сегодня

ме того, давно полностью обеспечена оборудованием сеть FDDI (100 Мбит/с) по оптическому волокну.

В то же время реализуются еще два стандарта, которые закладывают основы сетей будущего: 1) IEEE 802.6 – Metropolitan Area Networking, обеспечивающий интегрированную передачу данных и голоса по оптическому волокну с темпом 100 Мбит/с и выше в пределах крупного города; 2) IEEE 802.9 – в нем предусмотрена совместная передача данных и голоса по неэкранированным витым парам.

Эти стандарты будут поддерживаться в той же инфраструктуре, которую образует структурированная система проводки, устанавливаемая уже сегодня. Некоторые фирмы (впервые Hewlett-Packard и IBM) предложили протокол 100VG-AnyLAN, в котором сети с темпом передачи 100 Мбит/с могут работать по существующим проводкам Категории 3, но он не прижился.

Кроме того, выпущены стандарты на сети:

1) аналогичную FDDI (100 Мбит/с), но работающую по неэкранированным витым парам Категории 5 (TP-PMD);

2) аналогичную 10BaseT, но с темпом передачи 100 Мбит/с (100BaseTX), также работающую по витым парам Категории 5.

В июне 1999 г. выпущен стандарт на локальную сеть 1000BaseT, обеспечивающую скорость 1 Гбит/с по витым парам Категории 5е.

Таким образом, развиваются скоростные сети по уже имеющимся проводкам и наблюдается расширение их возможностей путем новых сетевых решений, в частности – по кабельным системам Категории 5е и Категории 6.

Основным направлением в инсталляции горизонтальной проводки остается применение витых пар Категории 6 и 5е. Многими компаниями предложены системные решения, т. е. создана вся «линия» продуктов Категории 5е – кабели, кроссы, соединительные шнуры, розетки и т. п. Поэтому при сооружении новых сетей имеет смысл сразу строить кабельную систему, применяя все новейшее оборудование Категории 5е или выше.

Существенным достижением является поддержка асинхронного режима передачи (ATM, 155 Мбит/с) по неэкранированным витым парам Категории 5; по четырем парам в Bell Laboratories была осуществлена передача 622 Мбит/с. Более того, там же была продемонстрирована возможность передачи со скоростями, превышающими 1 Гбит/с, по кабельной системе под названием GigaSPEED, входящей в СКС SYSTIMAX. До сих пор наиболее массовыми остаются кабельные системы Категорий 5 и 5е. Подробнее они рассмотрены в *Главе 5*.

### 4.3. Стандарты на структурированную проводку

*Структурированные кабельные системы приобретают все большую популярность, однако неразбериха в стандартах мешает их внедрению.* В 1995 г. вышли в свет три стандарта на кабельные системы для локальных сетей: международный ISO/IEC 11801, европейский EN 50173 и американский ANSI/TIA/EIA-568A. К 2002 г. они были заменены на ISO/IEC 11801:2002, EN 50173-1 и TIA/EIA-568-B, которые и действуют в настоящее время.

#### *Происхождение и развитие стандартов*

В июле 1991 г. вышел в свет американский стандарт EIA/TIA-568, а затем появились дополняющие его документы: TSB 36 (ноябрь 1991 г.) и TSB 40A (январь 1994 г.). Версия стандарта, известная как ANSI/TIA/EIA-568A, объединяет отдельные области, охватываемые в EIA/TIA-568, TSB 36 и TSB 40A, и называется Commercial Building Telecommunications Cabling Standard. Кабели и линии проводки в этом стандарте разделены на Категории 3, 4 и 5; Категории 1 и 2, имевшиеся в предыдущем стандарте, исключены. Другие изменения состоят в том, что все спецификации отнесены к 100 метрам кабеля, а не к 1 000 футов, с добавлением параметра «структурные возвратные потери» (SRL). Приведены испытательные процедуры для соединительного оборудования, а также сведения по характеристикам соединительных шнуров.

Так как ранее Категории вводились только для кабелей и соединителей (TSB 36 и TSB 40A соответственно), рабочая группа EIA/TIA TR 41.8.1 разработала технические требования для Категорий смонтированной проводки. В приложении к стандарту Annex E определено понятие *link* и приводятся соответствующие спецификации.

В процесс стандартизации втянулись и международные организации. International Standards Organization (ISO) и International Electrotechnical Commission (IEC) учредили объединенный технический комитет (JTC) 1. ISO/IEC JTC1 имеет подкомитет SC25, в который входит рабочая группа WG3, разработавшая стандарт ISO/IEC 11801: Information Technology – Generic Cabling for Customer Premises. Результирующее наименование получается: ISO/IEC JTC 1/SC25/WG3 11801, но профессионалы выражаются короче – 11801. Этот стандарт частично базируется на EIA/TIA-568 и выпущен в виде проекта в 1993 г. Существенное отличие от EIA/TIA-568 – в 11801 вошли неэкранированные кабели с волновым сопротивлением 120 Ом. Для описания линии проводки от электронного оборудования до рабочего места в

стандарте ISO/IEC 11801 введен термин *channel*. Стандарт 11801 для классификации кабелей применяет понятие «Категория», а линии проводки определяет в терминах «класс»: существуют классы А, В, С и D – последний самый высокий (см. *табл. 4-1*).

*Табл. 4-1. Классы проводки из стандартов ISO/IEC 11801 и EN 50173*

| Класс | Характеристика проводки    | Назначение проводки   |
|-------|----------------------------|---|
| A     | Специфицирована до 100 кГц | Системы передачи голоса и низкоскоростные для передачи данных |
| B     | Специфицирована до 1 МГц   | Системы с промежуточным темпом передачи данных                |
| C     | Специфицирована до 16 МГц  | Системы с высоким темпом передачи данных                      |
| D     | Специфицирована до 100 МГц | Системы с очень высоким темпом передачи данных                |

Европейская организация по стандартизации в области электротехники CENELEC достаточно быстро подготовила свой стандарт EN50173: Information Technology: Generic Cabling Systems, окончательная версия которого вышла в августе 1995 г. Следует заметить, что EN 50173 во многом отличается от 568А и незначительно – от 11801. Классы проводок С и D в 11801 и 50173 приблизительно соответствуют Категориям 3 и 5 стандарта 568А.

Рассмотрим некоторые особенности стандартов. Прежде всего, об экранированной проводке – во всех трех стандартах предусмотрены экранированные кабели. Что касается экранированных соединителей, то в ISO/IEC 11801 и EN 50173 их признают, а в TIA/EIA-568А – нет. В то же время некоторые компании предлагают модульные экранированные соединители, значительно различающиеся между собой. Основные отличия стандартов представлены в *табл. 4-2*.

*Табл. 4-2. Основные различия между стандартами на проводку*

| Стандарт на проводку     | ISO/IEC 11801 | EN50173       | TIA/EIA-568A  |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Поддерживаемый кабель    | UTP/FTP/STP   | UTP/FTP/STP   | UTP/STP       |
| Кабель с Zв = 120 Ом     | Признает      | Признает      | Не признает   |
| Диаметр проводника, мм   | 0,40 – 0,65   | 0,4 – 0,6     | 0,511 – 0,643 |
| Число пар в кабеле       | 2 или 4       | 2 или 4       | только 4      |
| Категория компонентов    | 3;4;5         | 3;5           | 3;4;5         |
| Затухание гибких кабелей | больше на 50% | больше на 50% | больше на 20% |
| Скорость распространения | Номинальная   | Минимальная   | Минимальная   |
| Оптоволокно 62,5/125 мкм | Рекомендовано | Рекомендовано | Основное      |
| Оптоволокно 50/125 мкм   | Альтернатива  | Альтернатива  | Не признает   |
| Экранированное гнездо    | Признает      | Признает      | Не признает   |

Все три стандарта не поддерживают коаксиальную проводку, по-видимому, из-за трудностей совмещения с витыми парами и оптическими волокнами (в EIA/TIA-568 коаксиальная проводка была предусмотрена). Хотя характеристики классов и Категорий совпадают между собой не полностью, все же приведем таблицу их примерного соответствия (табл. 4-3).

Табл. 4-3. Соответствие Категорий и классов для кабелей и проводок из витых пар

| TSB-36 | TSB-40A     | TIA/EIA-568A      | ISO/IEC 11801       | EN50173             | ISO/IEC 11801 | EN50173  |
|--------|-------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------|----------|
| кабели | соединители | кабели и проводка | кабели, соединители | кабели, соединители | проводка      | проводка |
|        |             |                   |                     |                     | A             | A        |
|        |             |                   |                     |                     | B             | B        |
| Кат. 3 | Кат. 3      | Кат. 3            | Кат. 3              | Кат. 3              | C             | C        |
| Кат. 4 | Кат. 4      | Кат. 4            | Кат. 4              |                     |               |          |
| Кат. 5 | Кат. 5      | Кат. 5            | Кат. 5              | Кат. 5              | D             | D        |

В первых двух стандартах имеется кабель с волновым сопротивлением 120 Ом; в американском стандарте он отсутствует. То, что в американском стандарте называется Horizontal Cross-Connect (горизонтальное кросс-соединение), в двух остальных носит наименование Floor Distributor (этажный распределитель). Имеется еще множество отличающихся понятий, терминов, параметров, формулировок... Не удивительно, что и технические требования к линиям горизонтальной проводки имеют существенные различия в этих стандартах, чему будет посвящена следующая глава.

### Состав и характеристики горизонтальной проводки

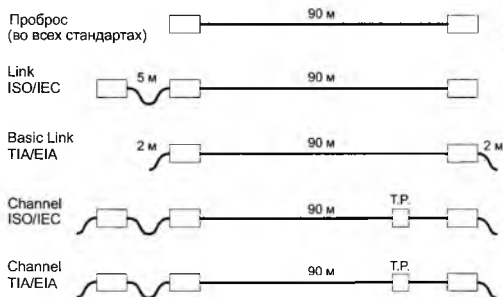
Стандарты дают несовпадающие определения для линии проводки и формулируют различные требования к ней. Схемы линии из разных стандартов представлены на рис. 4-8. В TIA/ EIA-568A линия состоит из шнура от рабочей станции к информационной розетке (без разъема, подключаемого к рабочей станции), самой розетки, горизонтального кабеля длиной до 90 м, с входящей в этот участок точкой перехода (transition point), и шнура для подключения электронного оборудования (например, концентратора) к линии. При этом разъем, подключаемый к электронному оборудованию, в линию не входит.

Стандарт ISO/IEC дает отличающееся от описанного выше определение (рис. 4-8): в линию не входят два шнура – к рабочей станции и к электронному оборудованию. Более того, специально указы-

вается, что длина входящего в нее кроссировочного шнура должна быть не более 5 м. Поскольку линии в стандартах определены по-разному, их характеристики также отличаются.

В стандарте ISO/IEC 11801 удачным можно считать то, что характеристики линий отделены от характеристик кабелей, поскольку применены четко различающиеся термины: «класс» – для первых и «Категория» – для вторых. Обратим внимание, что нормы класса D из этого стандарта не во всем совпадают с требованиями Категории 5 из TIA/EIA-568A, причем различия имеются в противоположные стороны. В то же время характеристики класса C и Категории 3 примерно соответствуют друг другу. Интересно отметить, что для линий с наибольшей шириной полосы (т.е. Категории 5 или класса D) встретились три различные нормы максимально допустимого затухания на частоте 100 МГц. Можно только представить себе, к каким спорам на практике может привести такая путаница с определениями линий и техническими требованиями к их параметрам. Монтажникам и системным интеграторам не позавидуешь...

Более строгое определение *линии проводки* (basic link) дано в TSB67: Transmission Performance Specifications for Field Testing UTP Cabling Systems. Фактически с октября 1995 г. действуют два разных определения линии проводки Категории 5: в TIA TSB67 – «basic link»,



**Рис. 4-8.** Определения тракта (Channel) из различных стандартов  
*Примечания:* Добавка затухания из-за гибкости кабелей в соединительных шнурах составляет: 50 % – для Channel ISO/IEC; 20 % – для Channel TIA/EIA



а в EN 50173 и в ISO/IEC 11801 – «link» (см. *рис. 4-8*). Эти два термина имеют, к сожалению, не только разное звучание, но и различное содержание. «Basic link», по определению, имеет длину до 94 м (90-метровый – «проброс» + 4 м соединительных шнуров по концам проброса); «link» – до 95 м (90-метровый – проброс + 5 м кроссировочного шнура). Отсюда и разные технические требования к ним, приведенные в трех указанных выше стандартах.

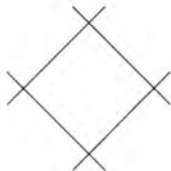
На первый взгляд может показаться, что «basic link» и «link» почти совпадают (94 и 95 м соответственно), но это не так. В «basic link» входит проброс (90 м), 2 соединителя + 2 шнура по 2 м на концах. В «link» входит все тот же проброс (до 90 м), соединение на кросс-панели, шнур для кроссировки (5 м) и соединитель на рабочем месте. Концевые шнуры к электронному оборудованию в «link» не входят. Таким образом, если в определении «basic link» учитываются особенности шнуров к электронному оборудованию (а они бывают самые разные), то в определении «просто link» эти особенности во внимание не принимаются. Какой подход лучше – пока не очень-то и понятно, но разница очевидна.

Теперь, как мы считаем, следует подробно рассказать о термине «channel», введенном для участка проводки, соединяющего оконечное активное оборудование – рабочую станцию (рабочее место) и концентратор (коммутатор). Во-первых, этот термин в локальных сетях введен впервые – в стандарте EIA/TIA-568 его не было. Во-вторых, он совпадает с понятием «тракт» в сетях связи. Наконец, в TIA/EIA-568-A и в ISO 11801 соответствующие тракты Категории 5 и класса D имеют разные характеристики. Из *рис. 4-8* видно, что предельные дальности каналов одинаковы (до 100 м) и суммарная длина шнуров одинакова (до 10 м). Однако добавка затухания на шнурах (из-за гибкости кабелей) разная: в 568-A – 20 %, а в 11801 – 50 %! Таким образом, предельно длинный тракт Категории 5 будет несколько лучше, чем такой же тракт класса D. Опубликованы специальные таблицы для пересчета, но какой толк от этих таблиц? Все равно при сдаче «трактов» локальной сети в эксплуатацию каждый раз будут возникать вопросы: почему разные требования? по какому стандарту? какой тракт лучше? Короче говоря, строителям структурированных сетей предстоит с этим еще намучиться.

Коротко остановимся на особенностях испытаний готовой проводки. Потребитель столкнется с несоответствием в подходе к испытаниям в ISO/IEC 11801 и TIA TSB67. Значительные неудобства доставит определение характеристик по стандарту 11801, так как во

многих местах этого стандарта написано «ffs» («for future study» – для изучения в будущем). Следующая неприятность – определение линии горизонтальной проводки из ISO/IEC 11801, приведенное выше. Довольно трудно найти такой прибор, который соответствовал бы требованиям по точности измерений и в то же время выделял два шнура по концам линии. Однако испытания и по TSB67 не дают нужный набор характеристик линии, т. к. применяемые для измерений шнуры ограничены длиной 2 м каждый. На практике эти шнуры бывают значительно длиннее. Согласно TIA/EIA-568A, шнуры могут быть: к оборудованию в отсеке связи – до 6 м, а к рабочей станции – до 3 м, так что и в этом случае не так все гладко, как хотелось бы.

Как видим, путаница стандартов продолжается...



# Кабельные системы

## Категории 5

### 5.1. Структура проводки Категории 5

*В данной главе рассмотрим кабельные системы, выпускавшиеся в 90-х годах прошлого века и функционирующие до сих пор.*

Принятый в 1991 г. стандарт EIA/TIA-568 предусматривал для применения в компьютерной проводке три типа медных кабелей:

- 1) четырехпарный, с волновым сопротивлением 100 Ом;
- 2) двухпарный экранированный, с волновым сопротивлением 150 Ом;
- 3) коаксиальный (по типу RG58), с волновым сопротивлением 50 Ом.

За прошедшие годы применение кабелей второго и третьего типов резко сократилось, в то время как использование четырехпарного кабеля возросло и стало преобладающим. Обусловлено сказанное двумя обстоятельствами: быстрым ростом характеристик витых пар и стремлением к однотипности кабелей для различных видов связи.

Поскольку на каждом рабочем месте по стандарту EIA/TIA-568 обязательно устанавливается хотя бы одна розетка с восьмиконтактным гнездом RJ45, появилось стремление и другие информационные розетки ставить такие же. Для совместимости используют переходники balun (с витых пар на другие типы кабелей), что значительно упрощает системы проводки.

Дрейф в сторону однотипной проводки усилил споры между сторонниками неэкранированных и экранированных кабелей: обе стороны приводят веские аргументы в пользу своей точки зрения. Можно лишь констатировать, что кабели из неэкранированных витых пар занимают главное место в современной проводке для локальных сетей. Далее мы постараемся рассмотреть в деталях именно такие проводки, делая упор на высокоскоростные сети, работающие в полосе частот до 100 МГц и выше.

### ***Топология горизонтальной проводки***

В многоэтажном здании кабельная система содержит несколько взаимосвязанных подсистем, из которых выделим вертикальную, горизонтальную и объединяющую их подсистему управления (административную). Все основные изменения, относящиеся к типу локальной сети, происходят в подсистемах управления и вертикальной. Горизонтальная проводка из витых пар Категории 5 остается без изменений для всех основных типов локальных сетей. Наиболее распространенная структура такой проводки представлена на *рис. 5-А и 5-В (на цветной вкладке)*.

Как уже говорилось, логические конфигурации локальных сетей – «кольцо», «звезда», «шина» – реализуются топологически на пространстве этажа в виде «звезды». Проводка с топологией «звезды» из незранированных витых пар поддерживает все типы локальных сетей. При такой топологии, в случае отключения или повреждения какого-либо из лучей звезды, в подсистеме управления производятся необходимые переключения, но логическая конфигурация остается без изменений. Большие преимущества «звездной» топологии привели к тому, что теперь она применяется практически во всех сетях.

Подобные структурированные системы поставляют многие компании-производители оборудования, о чем подробнее поговорим ниже. Заметим, что проводка из незранированных витых пар с топологией «звезда» открыта в самой большой степени, по сравнению с другими. Ни один из других типов проводки такой универсальностью не обладает. Кроме скоростных локальных сетей, по проводке из незранированных витых пар функционируют системы телефонной связи, сигнализации, охраны, пожарной безопасности, системы контроля вентиляции, кондиционирования, отопления. По существу, вся слаботочная (информационная) проводка может выполняться *однотипными* кабелями, вместо ранее применявшихся кабелей различных типов.

### ***Сравнение продукции различных компаний***

Поскольку горизонтальная проводка универсальна и к тому же занимает основной объем капиталовложений в кабельную систему, имеет смысл рассмотреть подробнее выпускаемую для этих целей продукцию различных фирм. В этой главе использованы опубликованные материалы (каталоги, информационные листки) следующих компаний, изготовлявших в свое время комплексные системы проводки: AMP, BICC Brand-Rex, Hubbell, Panduit, SYSTIMAX So-

lutions. Все они выпускали наборы изделий Категории 5, в различной степени отвечающие всему комплексу электрических, монтажных и эксплуатационных требований (табл. 5-1). Каждая из названных фирм явно имеет уклон в сторону своей традиционной продукции: AMP сильна электротехническими изделиями; BICC выделяется качеством кабелей; Hubbell и Panduit кабельные изделия не выпускают, зато имеют обширный выбор информационных розеток, панелей переключений, монтажных приспособлений; SYSTIMAX содержит все виды изделий и развитый сервис. Каждая из перечисленных фирм предлагала комплектный набор для создания проводки Категории 5 (табл. 5-1) и заявляла, что ее проводка «прозрачна» для всех скоростных локальных сетей и совместима с другими подобными универсальными кабельными системами. В то же время очевидны недостатки и существенные различия в каждом из вариантов.

Кабели полнее всего представлены у BICC и SYSTIMAX Solutions, что естественно, так как всегда составляли их специализацию. Розетки AMP и BICC хороши, но имеют сложную конструкцию, да и собираются прямо на месте установки. К сожалению, в каталогах

Табл. 5-1. Комплекты горизонтальной проводки Категории 5

| Компания-изготовитель | Наименование продукции                      | Кабели из неэкранированных витых пар    | Информационные розетки                          | Панели переключений                                      |
|-----------------------|---|---|---|--|
| AMP                   | NETCONNECT Open Wiring Systems              | Mini-Dual Category 5                    | AMP Communications Outlet<br>110 Connect Outlet | 110 Connect Panel<br>110 Cross-Connect                   |
| BICC<br>Brand-Rex     | Cat 5 Plus Structured Cabling System        | C5U, C5F, C5S, C5U-EC C5F-EC C5S-EC     | Universal Modular Jack                          | Patch Panel Category 5                                   |
| SYSTIMAX<br>Solutions | HIGH-5 Product Family                       | 1061C, 2061C, 1064 – гибкий, для шнуров | M100, M100BH, M100CH                            | M1000, 1100 Cat 5, 110 Cat5                              |
| Panduit               | PAN-NET Category 5 Structured Wiring System | не выпускает                            | PAN-JACK Category 5                             | DATA-PATCH Cat5 MOD-COM Modular P.P.                     |
| HUBBELL               | Hubbell Category 5                          | не выпускает                            | 5110 Category 5                                 | High Speed Data Patch Cross Connect Block 580 Category 5 |

этих компаний не приведены экспериментальные характеристики соединителей, которые в виде графиков и таблиц имеются в материалах Hubbell, Panduit и SYSTIMAX.

Отметим, что продукция BICC выпускалась в двух вариантах: отвечающая как американским, так и европейским стандартам. Компании Hubbell и Panduit предлагают панели переключений с кабельными соединителями (оконцевателями) типа 110 и Krone, т.е. фактически также в американском и европейском вариантах (соединитель 110 больше распространен в Америке, а Krone – в Европе). Продукция SYSTIMAX содержит необходимый набор соединителей и панелей, но с сильным акцентом на соединитель типа 110. Набор соединительного, монтажного, прокладочного оборудования AMP, Hubbell и Panduit более разнообразен, чем у SYSTIMAX.

Важнейшим фактором служит гарантия на смонтированные системы, которую многие компании дают на 15–20 лет. Все компании дают гарантии работоспособности своей проводки, но 15–20-летнюю программу сопровождения приложений сертифицированной проводки обеспечивает только SYSTIMAX Solutions.

Рассмотрим некоторые, бросающиеся в глаза, различия в комплектации поставляемых систем. Имеющая кабельный уклон BICC предоставляет всю необходимую гамму кабельной продукции: горизонтальные кабели со сплошными проводниками и гибкие (для шнуров), причем обе группы по европейским и американским стандартам. Что касается розеток, то их значительно меньше, и, по-видимому, не все модули фирма изготавливает сама. AMP, наоборот, специализируется на соединительном оборудовании, и оно представлено превосходно; кабелей у нее значительно меньше, и, возможно, они изготавливаются партнерами компании. Это же касается фирм Hubbell и Panduit, специализирующихся на соединительном оборудовании и не выпускающих кабелей вовсе.

Как видим, узкая специализация сказывается на составе поставляемых систем проводки: «разъемные» фирмы делают упор на свои традиционные изделия, а «кабельные» – на свои, т.е. даже мощные компании довольно четко придерживаются своей традиционной ориентации. Казалось бы, истина тривиальная, но недостаточно известная системным интеграторам.

Необходимо добавить, что европейские производители особо делают упор на то, что их изделия отвечают требованиям европейских стандартов и проверяются европейской испытательной организацией DELTA (Дания).

## 5.2. Четырехпарные кабели Категории 5

*Несмотря на одинаковость приводимых в документации значений параметров, неэкранированные кабели Категории 5 разных производителей и визуально, и механически, и электрически во многом отличаются.*

Еще лет двадцать назад мало кто ожидал, что неэкранированные симметричные кабели (из витых пар, UTP-cables) будут иметь рабочую полосу частот порядка 100 МГц. Тогда весь упор делался на коаксиальные либо оптические кабели. Исследования Bell Laboratories привели к тому, что неэкранированные кабели достигли ширины полосы частот 200–250 МГц, и рост все еще продолжается. Сказанное вызывает желание разобраться в свойствах этих кабелей, поскольку они произвели революцию в кабельных системах. Стоит напомнить, что сначала проводки сетей Ethernet базировались на «толстом» коаксиальном кабеле, позднее – на «тонком», типа RG-58A/U, и лишь в 90-х годах прошлого века начался массовый переход на четырехпарные кабели.

Полоса пропускания сетевой проводки на базе неэкранированных симметричных кабелей двинулась вверх после глубоких научных разработок, проведенных Bell Laboratories в 80-х годах. Динамика увеличения скорости передачи по витым парам продемонстрирована на рис. 5-1. Как видно из графика, увеличение скорости цифровой передачи составляет почти три порядка за десятилетие – феномен, как следует до сих пор еще не осмысленный. Недавно были опубли-

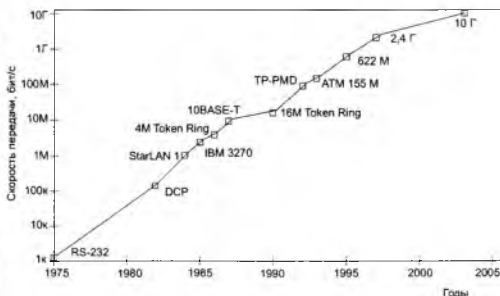


Рис. 5-1. Эволюция скорости передачи по неэкранированным витым парам

кованы новые результаты Bell Laboratories, показывающие возможность передачи информации по четырехпарному кабелю Категории 5 со скоростью 1,8 Гбит/с. Надо подчеркнуть, что такая скорость возможна не по какой-то особенной проводке, а по обыкновенной кабельной системе Категории 5, имеющей рабочую полосу до 100 МГц. Этот результат следует учитывать, выбирая тип кабельной системы для новой инсталляции или для модернизации старой.

Горизонтальные проводки такого вида составляют теперь *подавляющее большинство*. Основой их продвижения служат высокие характеристики, достигнутые четырехпарными кабелями, хотя ранние предсказания были совершенно другими. Изложенное выше подводит к тому, чтобы рассмотреть эти кабели более подробно и проанализировать достигнутые параметры.

### **Конструкции кабелей**

Основой кабельных систем Категории 5 служат специально разработанные кабели. Наиболее продвинулись в этом направлении компании Alcatel, Belden, BICC, Lucent, Mohawk/CDT, Teldor и др. Они уже относительно давно создали и выпускают кабели Категории 5 всевозможных модификаций. Пестрая картина сложилась с кабелями из неэкранированных витых пар Категории 5. Приходилось видеть изделия компаний BICC, Belden, General Cable, Lucent, Mohawk/CDT, Teldor у разных системных интеграторов. К сожалению, пока нет данных, показывающих, в какой степени кабели различных компаний соответствуют Категории 5. Экспериментальные результаты, свидетельствующие о соответствии кабелей SYSTIMAX, опубликованы и будут приведены ниже.

Основными частотными характеристиками витой пары Категории 5 служат волновое сопротивление и затухание в диапазоне до 100 МГц. В многопарном кабеле дополнительно вводятся параметры влияния – переходное затухание на ближнем конце (NEXT) и соотношение переходного и собственного затуханий (ACR).

Значения затухания и NEXT, приведенные в каталогах для кабелей компаний Alcatel, BICC Brand-Rex, Belden, Teldor, совершенно одинаковы. Это говорит о том, что публикуются не фактические, измеренные результаты, а требования из спецификации EIA/TIA TSB 36, т. к. у фирм-изготовителей различаются как используемые материалы, так и технологические процессы. Различны даже шаги скрутки пар, значения которых приводятся в *табл. 5-2*.

Из таблицы видно, что фирмы применяли для пар одного цвета совершенно разные шаги скрутки, что должно привести и к отличию



Табл. 5-2. Шаги скрутки витых пар (мм)

| Фирма          | Синяя пара | Оранжевая пара | Зеленая пара | Коричневая пара |
|----------------|------------|----------------|--------------|-----------------|
| General Cable  | 14         | 17             | 12           | 20              |
| BICC Brand Rex | 18         | 15             | 20           | 12              |
| Belden         | 25         | 20             | 16           | 32              |
| Lucent Tech-es | 15         | 13             | 20           | 24              |
| Mohawk / CDT   | 25         | 17             | 28           | 20              |

параметров одноименных пар. В остальном конструкции четырех-парных кабелей различных фирм примерно одинаковы. Восемь проводов выполнены из медных проволок диаметром 0,51 мм, изолированных полиэтиленом, и свиты в пары. Оболочка изготовлена обычно из поливинилхлорида, но применяются и другие негорючие материалы. Общий диаметр кабеля 5,0–5,3 мм. Электрические характеристики: волновое сопротивление  $100 \pm 15$  Ом; сопротивление жилы 90–94 Ом/км. Остальные параметры соответствуют EIA/TIA TSB 36 для Категории 5. Еще раз хочется отметить, что несмотря на одинаковость публикуемых значений параметров кабелей различных фирм, сами они и визуально, и механически, и по составу использованных материалов значительно отличаются.

В распоряжении авторов оказалось более двадцати образцов неэкранированных кабелей различных изготовителей. Было бы неразумно, имея такой богатый набор (и немалый опыт работы в кабельной промышленности), не сделать анализ их конструкций и особенностей. Здесь мы затронем лишь общедоступные изделия (табл. 5-3) и рассмотрим параметры влияния – переходное затухание на ближнем конце и разность между переходным и погонным затуханием. От-

Табл. 5-3. Маркировка, нанесенная на оболочке образца кабеля

| Изготовитель, наименование продукции | Марка кабеля             | Маркировка проверки         | Маркировка Категории | Цвет оболочки |
|--------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------|
| ALCATEL CABLENET                     | 1061C<br>1583E<br>1700 A | EC VERIFIED                 | CATEGORY 5           | серый         |
| AT&T-O SYSTIMAX SCS                  |                          | (UL)VERIFIED                | CAT V                | голубой       |
| BELDEN-M DATATWIST                   |                          | EC VERIFIED                 | CATEGORY 5           | серый         |
| BELDEN-M DATATWIST                   |                          | UL VERIFIED                 | CATEGORY 5           | синий         |
| BERK-TEK LAN-TEK                     |                          | ETL VERIFIED                | CAT V                | желтый        |
| BICC BRAND-REX                       | H9665                    | VERIFIED(UL)<br>EC VERIFIED | CATEGORY 5           | серый         |
| GENERAL CABLE                        | 1061C+                   |                             | CAT-5                | белый         |
| HELUKABEL-GERMANY                    |                          |                             | CAT 5                | серый         |
| LUCENT-II SYSTIMAX                   |                          |                             | CAT 5                | серый         |
| PIC                                  |                          |                             | CATEGORY 5           | серый         |

метим, что если первый параметр приводится почти во всех документах, то второй, как более новый, принят не во всех стандартах и далеко не всеми изготовителями четырехпарных кабелей.

Все приведенные в табл. 5-3 кабели содержат 4 скрученные с различными шагами пары проводов. Сверху они имеют защитную оболочку, предохраняющую витые пары от внешних воздействий. Проводники выполнены из медной проволоки диаметром 0,5 мм и покрыты изоляцией из различных модификаций полиэтилена диаметром 0,9–1 мм. Защитная оболочка у большинства образцов – из поливинилхлорида, но есть кабели с оболочкой из так называемого «малодымного безгалогенного» материала (LSZH – low smoke zero halogen). Какой именно этот материал – обычно не указано.

На вид кабели между собой очень разные. Цвет оболочки – в основном серый, но бывает белый, желтый, красный, голубой, синий. У одних кабелей оболочка довольно толстая, у других – тонкая (около 0,5 мм). Цвета изоляции проводов хотя и выдержаны по стандарту (синий, оранжевый, зеленый и коричневый), но оттенки цветов – самые разные. Гибкость кабелей также отличается. Лучше, конечно, самому все это увидеть и пощупать, но и сказанного выше достаточно. В то же время приводимые в документации на кабели параметры в точности такие, как заданы в стандартах, что, вообще говоря, вызывает сомнение. Материалов, подтверждающих соответствие параметров кабелей предъявляемым требованиям, крайне мало.

В стандарте ANSI/TIA/EIA-568A основными считаются неэкранированные кабели. Экранированные конструкции признаны как дополнительные (альтернативные), поскольку применяют их значительно реже. На это указывает и терминология: если аббревиатура UTP совершенно однозначна – неэкранированные витые пары (unshielded twisted pair), то для экранированных кабелей однозначности нет. В упомянутом выше стандарте кабели из неэкранированных витых пар, с общим вокруг всех четырех пар экраном, называются screened (экранированные). Такое же обозначение присутствует в маркировке экранированного кабеля фирмы PIC.

В то же время на оболочке других экранированных кабелей нанесено слово SHIELDED (т. е. защищенный) – кабели фирм Belden и Mohawk. Подобные же конструкции компании BICC Brand Rex обозначаются FTP (foiled twisted pair), т. е. «фольгированные». Как видим, разноречивой в терминологии и маркировке экранированных кабелей все еще имеется.

Упомянутые выше экранированные кабели, как это ясно из описания экрана, имеют защиту только от внешних помех. Сами же скру-

ченные (витые) пары влияют друг на друга не меньше, чем в неэкранированных конструкциях, поэтому и предъявляются высокие требования по симметрии пар относительно внешнего экрана.

### Стандартные параметры

Кабели Категории 5 имеют по стандартам рабочую полосу частот от 0,064 до 100 МГц. Недавно стали говорить (и писать) о том, что для передачи сигналов АТМ следовало бы расширить эту полосу до 155 МГц. Такая частотная область колоссальна: она перекрывает все диапазоны радиовещания (т. е. длинные, средние, короткие и ультракороткие волны), и потому частотному нормированию в стандартах уделяется особое внимание.

Два основных параметра определяют работоспособность кабелей: *погонное затухание* (attenuation) витых пар и *переходное затухание* между парами (NEXT – near end crosstalk – переходное затухание на ближнем конце). Эти параметры в стандартах очень подробно рассмотрены и нормированы для трех категорий. Стандартные требования по затуханию и NEXT для кабелей Категории 5 представлены в табл. 5-4. В той же таблице даны требования из стандарта EN 50173 для *защищенности на переднем конце* (attenuation to crosstalk ratio –

Табл. 5-4. Параметры кабелей Категории 5 в зависимости от частоты, согласно стандартам ANSI/TIA/EIA-568A, EN 50173 и ISO/IEC 11801

| Частота, МГц | ANSI/TIA/EIA-568A<br>(Table 10-4, 10-5) |   | EN 50173 (Table 16, 17)  |   |  |
|--------------|---|---|--|---|--|
|              | Погонное затухание (не более) дБ/100 м  | Переходное затухание (NEXT, не менее), дБ | ISO/IEC 11801 (Table 17, 16)<br>Погонное затухание (не более) дБ/100 м | Переходное затухание (NEXT, не менее), дБ | Переходным и погонным затуханием (ACR, не менее), дБ |
| 0,064        | 0,8                                     |   | 0,8  |   |  |
| 0,256        | 1,1                                     |   | 1,1  |   |  |
| 0,512        | 1,5                                     |   | 1,5  |   |  |
| 0,772        | 1,8                                     | 64  | 1,8  | 64  | 62,2   |
| 1,0          | 2,0                                     | 62  | 2,1  | 62  | 59,9   |
| 4,0          | 4,1                                     | 53  | 4,3  | 53  | 48,7   |
| 8,0          | 5,8                                     | 48  |  |   |  |
| 10,0         | 6,5                                     | 47  | 6,6  | 47  | 40,4   |
| 16,0         | 8,2                                     | 44  | 8,2  | 44  | 35,8   |
| 20,0         | 9,3                                     | 42  | 9,2  | 42  | 32,8   |
| 25,0         | 10,4                                    | 41  |  |   |  |
| 31,25        | 11,7                                    | 39  | 11,8   | 40  | 28,2   |
| 62,5         | 17,0                                    | 35  | 17,1   | 35  | 17,9   |
| 100,0        | 22,0                                    | 32  | 22,0   | 32  | 10,0   |

ACR). Введен еще один параметр влияния витых пар – *переходное затухание на дальнем конце* (far end crosstalk – FEXT).

**Волновое сопротивление.** В имеющихся фирменных материалах волновое сопротивление неэкранированных витых пар задано либо в виде среднего значения на интервале частот, либо в виде графика во всем рабочем диапазоне (рис. 5-2, а).

Как можно понять из информационных сообщений, среднее значение на интервале вычисляют методом квадратичного усреднения. Кроме того, в ряде материалов приводятся графики входного сопротивления пар в диапазоне частот 1–100 МГц.

В программе сертификации Underwriters Laboratory (США) волновое сопротивление задано на интервалах частот. В то же время отсутствуют документы, определяющие волновое сопротивление через графики входного сопротивления. Имеется лишь ссылка, что по таким графикам оценивает волновое сопротивление лаборатория DELTA (Дания).

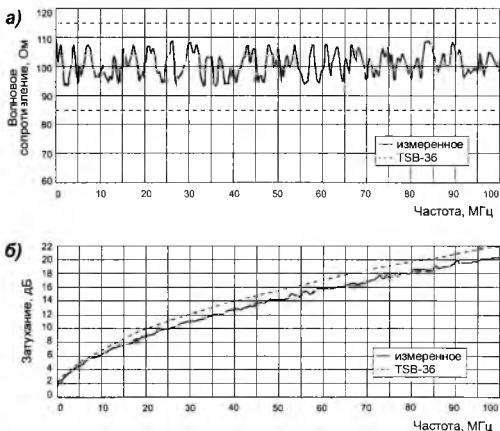


Рис. 5-2. Волновое сопротивление (а) и затухание (б) витой пары в зависимости от частоты в диапазоне частот до 100 МГц

Итак, мы имеем как бы три критерия для волнового сопротивления витой пары:

- 1) кривая волнового сопротивления в диапазоне до 100 МГц (расчетная);
- 2) среднее для данной пары, определяемое импульсным методом;
- 3) график входного сопротивления – по нему определяет волновое сопротивление DELTA.

В имеющихся информационных материалах указано, что витые пары, удовлетворяющие требованиям по первому критерию, могут не соответствовать второму и третьему.

**Затухание.** В техническом бюллетене EIA/TIA TSB 36 требования по затуханию заданы на дискретных частотах. Как свидетельствуют фирменные каталоги, кабели всех названных выше компаний удовлетворяют требованиям Категории 5 по этому параметру. При испытаниях на компьютеризованных установках результаты измерений затухания в зависимости от частоты, как правило, изображаются в виде кривой на графике, где одновременно наносится и кривая заданных требований во всем рабочем диапазоне частот. Образец такого графика, полученный на установке с качанием (непрерывным изменением) частоты, представлен на *рис. 5-2 (график б)*, где пунктиром изображены требования Категории 5, а сплошной извилистой линией – результаты измерений.

В стандартах параметры влияния также нормируются на дискретных частотах. На практике испытания кабелей выполняются обычно в непрерывной полосе частот от 1 до 100 МГц (в последнее время – в значительно расширенном диапазоне) лабораторными приборами и тестерами для полевых испытаний. Вид частотных зависимостей параметров влияния (NEXT и ACR) в непрерывной полосе до 100 МГц для одного из образцов четырехпарного кабеля показан на *рис. 5-3 (а и б, соответственно)*.

Еще один относительно новый частотный параметр – *структурные возвратные потери* (structured return loss – SRL) задан в стандартах следующим образом: до 20 МГц – не менее 23 дБ; в полосе частот между 20 и 100 МГц нижний предел SRL вычисляется по формуле:

$$SRL = 23 - 10 \lg (f / 20), \text{ где } f - \text{ в МГц,}$$

причем норма должна выполняться для всех пар.

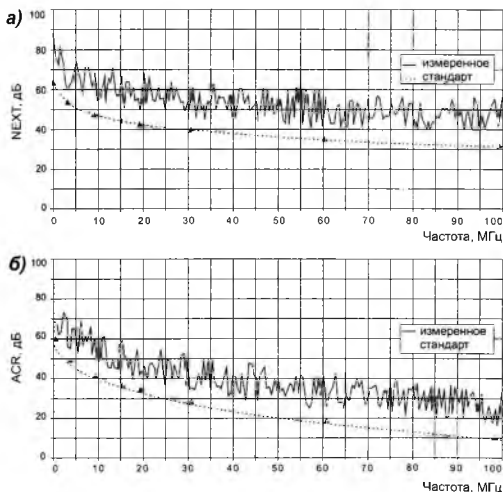
Два параметра витых пар – сопротивление на постоянном токе и емкость – заданы в следующем виде: сопротивление одного провода – не более 9,38 Ом/100 м; емкость пары – 5,6 нФ/100 м. Эти па-

параметры желательно проверять на всех длинах кабеля, так как выход их за допуск почти всегда означает, что данный отрезок кабеля – брак.

Достаточно важный параметр витых пар – задержка сигнала в линии: она не должна превышать 570 нс/100 м кабеля. Это отнюдь не все параметры четырехпарных кабелей, но на этом остановимся.

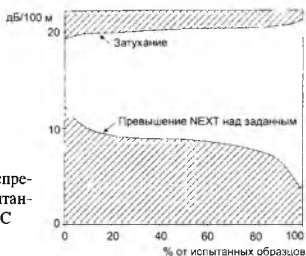
### *Показатели качества*

О качестве поставляемых в Россию кабелей данных очень мало. Авторам оказались доступными статистические материалы по затуханию и NEXT четырехпарных кабелей СКС SYSTIMAX марки 1061С. Как сказано в документе, были испытаны 467 катушек кабеля 1061С.



**Рис. 5-3.** Переходное затухание между парами на ближнем конце кабеля (а) и разность между переходным и погонным затуханием (б) для кабеля Категории 5

Рис. 5-4. Интегральное распределение параметров испытанных образцов кабеля 1061С



Интегральное (накопленное) распределение параметров, в зависимости от количества испытанных образцов, для частоты 100 МГц представлено на рис. 5-4. Как видно из графиков, 50 % образцов имеют затухание лучше нормы на 1,8 дБ, а переходное затухание (NEXT) – на 8,6 дБ лучше нормы. Более 90 % кабелей имеют значения NEXT, на 6 дБ превышающие требования стандарта во всей полосе частот 1–100 МГц. Статистические данные, кроме того, доказывают высокую плотность распределения волнового сопротивления – показатель стабильности производства. Значительный запас по NEXT, полученный для любой комбинации пар, лишний раз подтверждает высокое качество кабеля 1061С.

Табл. 5-5. Результаты измерений затухания пар

| Частота МГц | Затухание, дБ/100 м |           |         |           |                  |
|-------------|---------------------|-----------|---------|-----------|------------------|
|             | Синяя               | Оранжевая | Зеленая | Коричнев. | по TSB, не более |
| 10,00       | 5,8                 | 5,6       | 5,7     | 5,7       | 6,6              |
| 20,00       | 8,3                 | 8,5       | 8,2     | 8,2       | 9,2              |
| 31,25       | 10,7                | 10,9      | 10,6    | 10,4      | 11,8             |
| 62,50       | 15,7                | 16,0      | 15,5    | 15,5      | 17,1             |
| 100,00      | 20,1                | 20,7      | 20,3    | 20,1      | 22,0             |
| 120,00      | 22,1                | 22,4      | 22,5    | 22,0      |                  |
| 140,00      | 22,4                | 24,4      | 24,2    | 24,1      |                  |
| 160,00      | 26,0                | 26,5      | 26,0    | 26,0      |                  |
| 180,00      | 27,7                | 28,2      | 27,7    | 27,7      |                  |
| 200,00      | 29,5                | 30,0      | 29,5    | 29,7      |                  |
| 220,00      | 31,4                | 31,2      | 31,0    | 30,6      |                  |
| 240,00      | 32,5                | 32,9      | 32,5    | 32,2      |                  |
| 260,00      | 33,8                | 34,3      | 33,7    | 33,3      |                  |
| 280,00      | 35,2                | 35,5      | 34,7    | 34,7      |                  |
| 300,00      | 36,5                | 37,2      | 36,3    | 35,5      |                  |

Табл. 5-6. Результаты измерений переходного затухания между парами

| Частота<br>МГц | Переходное затухание (NEXT), дБ |         |         |           |         |         | Требования TSB, не менее |
|----------------|---------------------------------|---------|---------|-----------|---------|---------|--------------------------|
|                | Синяя                           |         |         | Оранжевая |         | Зеленая |                          |
|                | Оранже.                         | Зеленая | Коричн. | Зеленая   | Коричн. | Коричн. |                          |
| 10,00          | 63                              | 71      | 61      | 63        | 61      | 67      | 47                       |
| 20,00          | 66                              | 63      | 64      | 75        | 57      | 64      | 42                       |
| 31,25          | 64                              | 57      | 59      | 66        | 55      | 63      | 40                       |
| 62,50          | 52                              | 72      | 57      | 54        | 48      | 54      | 35                       |
| 100,00         | 48                              | 54      | 49      | 49        | 56      | 49      | 32                       |
| 120,00         | 63                              | 47      | 56      | 53        | 63      | 49      |                          |
| 140,00         | 45                              | 45      | 44      | 49        | 51      | 49      |                          |
| 155,00         | 54                              | 47      | 66      | 56        | 48      | 47      |                          |
| 180,00         | 49                              | 48      | 48      | 58        | 49      | 43      |                          |
| 200,00         | 57                              | 47      | 51      | 50        | 43      | 50      |                          |
| 220,00         | 48                              | 50      | 45      | 45        | 48      | 48      |                          |
| 240,00         | 51                              | 41      | 42      | 39        | 49      | 40      |                          |
| 260,00         | 53                              | 41      | 54      | 39        | 42      | 39      |                          |
| 280,00         | 42                              | 42      | 45      | 42        | 42      | 46      |                          |
| 300,00         | 43                              | 48      | 37      | 50        | 40      | 40      |                          |

Нам с коллегами удалось выполнить лабораторные измерения параметров кабеля марки 1061С в полосе частот до 300 МГц. Полученные результаты (табл. 5-5 и 5-6) подтверждают высокое качество

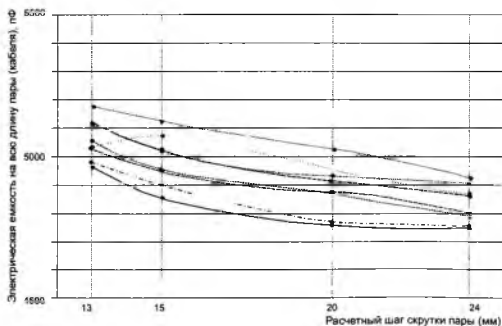


Рис. 5-5 Электрическая емкость пар в восьми различных образцах проложенного кабеля 1061С, в зависимости от шага скрутки пары



изделия и значительный запас по основным параметрам – затуханию и NEXT (следует сравнить с *табл. 5-4*). Можно взять на себя смелость рекомендовать кабели марки 1061С как эталонные для сертификации качества четырехпарных кабелей Категории 5 других изготовителей.

Были проделаны многочисленные измерения емкости таких же кабелей в проложенном виде. Если построить графики значений емкости в зависимости от шага скрутки пары, то наблюдается закономерность: чем больше шаг скрутки пары, тем меньше емкость (см. *рис. 5-5*). Но интересен не этот тривиальный факт (с увеличением шага уменьшается длина пары), а выявляющееся при таких построениях отклонение от закономерности. Подобные «артефакты» можно использовать для диагностики смонтированной проводки, в том числе – соединительного оборудования (разъемов, розеток, кросс-панелей, шнуров).

Вероятно, можно создать систему автоматической диагностики проводки на основе указанного эффекта – отклонение кривой емкости (в зависимости от шага скрутки) от плавной, расчетной у проложенных кабелей.

### 5.3. Соединительное оборудование Категории 5

Десятки компаний предлагают комплекты соединительного оборудования для создания проводок Категории 5. Следует обратить внимание, что эти комплекты значительно различаются составом изделий и их характеристиками. Подробнее компоненты таких комплектов для создания проводок Категории 5 будут рассмотрены ниже.

#### *Информационные розетки*

Кабельные разъемы и модульные гнезда, информационные розетки – все эти устройства предназначены для эффективного оборудования к проводке из витых пар Категории 5. В настоящее время они работают в диапазоне частот до 100 МГц и выше.

В распоряжении авторов оказалось более десятка розеток (в большинстве – собранные модули) различных изготовителей. Общие сведения о них приведены в *табл. 5-7*. Хотя конструкции модулей различаются, все они имеют следующие общие части: спереди – восьмиконтактное унифицированное гнездо RJ45, сзади – блок из восьми врезных контактов для заделки четырех пар проводов («оконцеватель»). Эти две части модуля объединяет пластиковый корпус. Гнездо и оконцеватель связаны электрически между собой непосредственно или через печатную плату. В модулях без печатной платы

**Табл. 5-7. Модули соединительные Категории 5 различных изготовителей**

| Изготовитель (страна)   | Марка         | Тип оконцевателя            | Примечание                 |
|-------------------------|---------------|-----------------------------|----------------------------|
| BICC Brand Rex (Англия) | KMJV          | типа 110, разрезанный       | неэкран. с печатной платой |
| HPM KABEL (Германия)    | HPDS I        | со специальной вставкой     | экранированный             |
| HUBBELL (США)           | 5110 8A       | тип 110 (набран в обр/пор.) | неэкран. с печатной платой |
| ITT Сэзон (Англия)      | 808 Cat5      | со спец. вставной крышковой | неэкран. и экранированный  |
| Krone (Германия)        | Push-Fit      | плиты типа Krone            | неэкран. с печатной платой |
| SYSTIMAX                | M100 BH       | типа 110, разрезанный       | неэкранированный           |
| SYSTIMAX                | MPS 100       | типа 110, разрезанный       | неэкранированный           |
| Mod-Tap (США)           | Euromod MI    | из двух половин MOD-TAP     | неэкран. с печатной платой |
| Panduit (США)           | Pan-Jack Cat5 | со специальной крышковой    | неэкранированный           |
| Ouyet (Франция)         | PBM Cat5      | собственная разработка      | неэкранированный           |

контактные плоские пружинки гнезда служат непосредственным продолжением врезных контактов оконцевателя – они выштампованы из одного листа металла. Как правило, такие модули на вид проще, легче, компактнее, чем с печатной платой. Кроме нее, в отдельных случаях, между гнездовой частью и оконцевателем бывает разъемное соединение.

Частотные характеристики (особенно в верхней части полосы) у модулей с печатной платой и без нее существенно отличаются. Частично это подтверждается опубликованными характеристиками NEXT (переходное затухание) в полосе до 100 МГц модулей SYS-

**Табл. 5-8. Параметры модулей M100 и MPS100 в сравнении со стандартом TIA/EIA-568A**

| ПАРАМЕТР    | ЗАТУХАНИЕ НАПРОХОД, дБ |             |               | ПЕРЕХОДНОЕ ЗАТУХАНИЕ, дБ |             |               |
|-------------|------------------------|-------------|---------------|--------------------------|-------------|---------------|
|             | стандарт 568-A         | модуль M100 | модуль MPS100 | стандарт 568-A           | модуль M100 | модуль MPS100 |
| Частота МГц |                        |             |               |                          |             |               |
| 1,0         | 0,1                    | 0,02        | 0,02          | 65                       | 90          | 89            |
| 4,0         | 0,1                    | 0,02        | 0,02          | 65                       | 78          | 77            |
| 8,0         | 0,1                    | 0,02        | 0,02          | 62                       | 72          | 71            |
| 10,0        | 0,1                    | 0,02        | 0,02          | 60                       | 70          | 69            |
| 16,0        | 0,2                    | 0,03        | 0,03          | 56                       | 65          | 65            |
| 20,0        | 0,2                    | 0,03        | 0,03          | 54                       | 63          | 63            |
| 25,0        | 0,2                    | 0,03        | 0,03          | 52                       | 61          | 61            |
| 31,25       | 0,2                    | 0,07        | 0,04          | 50                       | 58          | 59            |
| 62,5        | 0,3                    | 0,14        | 0,08          | 44                       | 50          | 51            |
| 100,0       | 0,4                    | 0,25        | 0,17          | 40                       | 42          | 44,3          |

TIMAX и Hubbell. Что касается характеристик на частотах выше 100 МГц тех и других модулей, то сведений об этом нет. Правда, имеется возможность эти параметры измерить, но эта работа требует больших усилий и значительных затрат.

Среди модулей, полученных в основном на выставках от представителей компаний, оказался только один, непосредственно отнесенный изготовителем к Категории 5+. Это – MPS 100 из серии модифицированных продуктов SYSTIMAX типа PowerSum, частотные характеристики которого представлены в табл. 5-8. Результаты соответствующих испытаний, выполненных на экспериментальной линии горизонтальной проводки из компонентов PowerSum компании SYSTIMAX Solutions, приводятся ниже.

Большую роль в качественной работе соединителя играют врезные контакты оконцевателя, куда заделывают высокочастотные витые пары. Врезные контакты разных изготовителей и выполнены неодинаково (см. рис. 5-6). Контактные ножи Hubbell, SYSTIMAX и других компаний перпендикулярны проводу (см. рис. 5-6, б). У Krone контактные ножи несколько другой формы и расположены к проводу под углом 45° (см. рис. 5-6, а). Контакт Molex представляет собой как бы сегмент разрезанной вдоль трубки, который и врезается в провод (см. рис. 5-6, в). Представители компании Molex утверждают, что он объединяет в себе качества двух предыдущих контактов. Врезной контакт компании AMP – это кусочек прецизионной пружинящей трубки с прорезью.

Контакт для заделки (врезки) проводов носит следующие названия: врезной; контакт со сдвигом изоляции (IDC); контакт сквозь изо-

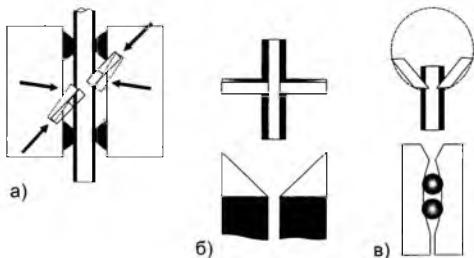


Рис. 5-6. Врезные контакты Krone (а), SYSTIMAX (б) и Molex (в)

ляцию. Возможно, есть и другие определения, но они не попадались. По-видимому, этот разноречив не случаен. Внимательно рассматривая действие контактов Krone, SYSTIMAX и Molex, убеждаешься, что сдвигают и прорезают изоляцию провода они по-разному. Собственно контакты различаются по конструкции, что хорошо видно из рис. 5-6. Но это еще далеко не все. Сами контактные пластины (ножи) также не похожи. Так, например, в контакт Molex можно заделывать не один, а два провода подряд. Отметим еще следующий факт: на одних модулях контактный блок вытянут в линию из восьми контактов (как в соединителе Hubbell), в то время как в других он разрезан на две четырехконтактные половинки (как в соединителе SYSTIMAX и других).

Унифицированной частью информационной розетки является *модульное гнездо* (modular jack). Контакты модуля покрыты золотом, что дает стабильное, высококачественное соединение. Информационные модули компаний Hubbell, SYSTIMAX и Panduit рассмотрим подробнее. Передняя часть модуля представляет собой модульное гнездо от соединителя RJ45, которое у различных фирм выглядит почти одинаково. Отметим некоторые различия модульных гнезд указанных компаний. Так, контактные пружинки гнезда фирмы Hubbell имеют разную длину и высоту. Гнездо Panduit повернуто на 180°. У всех трех указанных гнезд отличаются устройства фиксации в корпусе розетки.

Совершенно непохожи между собой тыльные части модулей (оконцеватели), куда заделывают кабель. Hubbell в этой части применила узел от соединителя типа 110, который сочленяется с модульным гнездом через печатную плату. SYSTIMAX использовал другой тип устройства: в нем контакты со сдвигом изоляции (IDC) развернуты на 90° относительно оси розетки, а выводы от них переключены (транспонированы) по запатентованной схеме. Panduit применила крышку сложной конструкции, в которую предварительно укладывают провода, а уж затем крышка опускается на свое место в модуле. При этом стыковка оконцевателя с проводниками кабеля происходит автоматически, путем врубания контактов в изоляцию жил сразу всех проводов, с одновременной фиксацией крышки в задней части модуля.

Из-за указанных особенностей заделка кабеля в модули выполняется по-разному (рис. 5-7). В модуле SYSTIMAX типа M100 концы проводов изгибаются под углом 90°, причем четыре – в одну сторону, и другие четыре – в противоположную (рис. 5-7, а). В модуле Hubbell

типа 5110 заделка кабеля почти такая же, как в стандартном соединителе типа 110 (рис. 5-7, б). И, наконец, в модуле PAN-JACK Cat5 (Panduit) провода пар раскручивают, а дальше они идут под небольшими углами друг к другу (рис. 5-7, в). Графики переходного затухания для этих модулей представлены на рис. 5-8 (построены по информационным материалам). Если учесть сказанное выше о кабелях и соединителях, то следует, что параметры собранных линий одинаковой длины могут значительно отличаться. К сожалению, результаты исследований затронутой проблемы неизвестны.

Конечно, изложенные тонкости конструкции кабелей и заделки их в соединители окажут влияние только на предельных дальностях и на верхних частотах рабочих диапазонов. Но учитывая, что технические требования для таких дальностей и частот заданы очень жесткие, описанные «мелочи» могут вывести характеристики проводки за нормы Категории 5.

### Соединительные панели и шнуры

Устанавливаемые в подсистеме управления панели переключений часто выпускаются с гнездами RJ45 с передней стороны и соединителями типа 110 – с задней стороны. Кроме того, бывают панели с соединителями типа 110 и с передней стороны. В этом случае пользуются соединительным шнуром не с разъемом RJ45, а с соединителем 110. Как правило, электронное оборудование подключается к панели переключений с помощью шнура с передней стороны (см. рис. 5-А на вкладке). Кабель, идущий к рабочему месту, присоеди-

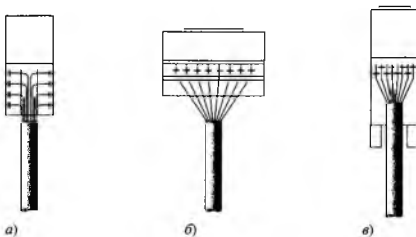
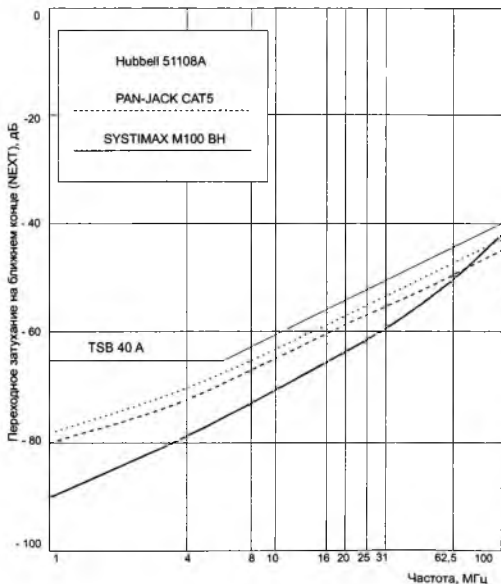


Рис. 5-7. Разводка проводов в модулях компаний:  
а) SYSTIMAX; б) Hubbell; в) Panduit

няется с помощью соединителя со сдвигом изоляции (IDC) с передней или задней стороны панели.

На панели переключений горизонтальный кабель, идущий к рабочему месту, чаще всего заделывают в соединитель типа 110. Разводка пар подобна той, что показана на *рис. 5-7, б*, но бывает, что кабель подходит к соединителю не снизу (как показано на *рис. 5-7, б*), а сбоку. В этом случае может оказаться невыполненным требование проводке Категории 5 о расплетении (развивке) пар проводов не



*Рис. 5-8.* Переходное затухание на ближнем конце (NEXT) для модулей с гнездом RJ45 трех фирм

более чем на 13 мм (0,5 дюйма) при неправильной их заделке в соединитель.

При перемещении абонента из одного помещения в другое его компьютер подключается к стенной розетке в новом помещении, а соответствующий порт концентратора переключается в подсистеме управления к нужному кабелю. Как видим, при такой горизонтальной проводке не требуется прокладка новых кабелей и установка новых розеток. Следует обратить внимание, что при этом во всех помещениях, где могут располагаться компьютеры или другие устройства локальной сети, должны быть предварительно проложены кабели и смонтированы розетки, что ведет к большой избыточности заложенной проводки, но это повышает ее гибкость (приспособляемость).

Следует различать *панели переключений* (Patch Panels) (рис. 5-А) и *кросс-панели* (Cross-connects) (рис. 5-В). К первым постоянно присоединены только кабели, идущие к рабочим местам. Концентраторы подключаются к панели переключений с помощью *соединительных шнуров* (Patch Cords), изготовленных из специальных гибких кабелей. К кросс-панелям (разным их частям) присоединены постоянно и горизонтальные кабели, и концентраторы, а переключение выполняется с помощью кроссировки, т. е. переносом кроссировочного шнура. Обращает на себя внимание неустоявшаяся терминология в этой области техники. Разные фирмы однотипным панелям присваивают термины Patch Panels, Cross-connects, Cross-Panels, а шнурам – Patch Cables, Patch Cords и даже Jumper wires.

Соединительные и кроссировочные шнуры встречаются с одинаковыми разъемами на двух концах и с различными. Как правило, один конец гибкого кабеля заделывают в разъем RJ45, а второй оставляют без разъема или оснащают разъемом того типа, который имеется у присоединяемого оборудования. Здесь также наметилась тенденция к замене на соединитель типа RJ45. В схеме, показанной на рис. 5-А, применен стандартный шнур с разъемами RJ45 на обоих концах. При небольшом количестве рабочих станций эта схема обладает преимуществом в том, что используются только однотипные соединители. Другая схема, с переносом кроссировочного шнура, армированного разъемами типа 110, показана на рис. 5-В. При таком способе переключений между рабочей станцией и концентратором находится три соединителя, вместо двух по схеме рис. 5-А. Этот принцип широко применяют в подсистеме управления при большом количестве горизонтальных кабелей.

В оборудовании SYSTIMAX шнур с двумя различными разъемами (RJ45 на одном конце и типа 110 на другом) позволяет выполнить

более эффективное соединение. Разъем RJ45 вставляют, как обычно, в гнездо концентратора, а второй присоединяют к кросс-панели типа 110 (на *рис. 5-А* и *5-В* не показано). Такая схема применяется, потому что она проще и не требует второго соединителя типа 110 на кросс-панели. Кроме того, она позволяет выполнять испытания и проверку проводки с тем же шнуром, который применяют для подключения. Поскольку при этом убирается один соединитель типа 110 из цепи, качество проводки несколько повышается. Многие инсталляторы применяют эту схему горизонтальной проводки.

В стандартных схемах линий для локальных сетей предусматривается либо 2 (*рис. 5-А*), либо 3 (*рис. 5-В*) соединителя (соединения с концентратором и рабочей станцией при этом не учитываются). Обратите внимание, что в аналогичной линии, описанной в стандарте ANSI/TIA/EIA-568А, предусмотрено уже 4 соединителя: введена дополнительная точка перехода (Transition Point) на горизонтальном участке проводки.

#### 5.4. Испытания проводки Категории 5

При сдаче в эксплуатацию кабельных систем остро стоит проблема соответствия технических характеристик смонтированной проводки требуемым значениям, оговоренным в техническом задании или определяемым в стандартах. Причем эта проблема в равной степени важна как для заказчика (по понятным причинам), так и для фирмы-подрядчика, несущей ответственность за адекватное функционирование проводки. Несоответствие характеристик предъявляемым требованиям может повлечь сбой в работе активного оборудования и, как следствие, отказы прикладного программного обеспечения, что в известном смысле смерти подобно.

Естественно, что качество смонтированной кабельной системы зависит, в первую очередь, от двух факторов: качества используемых материалов и профессионализма монтажников-инсталляторов. И тем не менее даже при использовании компонентов всемирно известных фирм, даже при выполнении монтажа опытнейшими сертифицированными монтажниками проблема верификации характеристик смонтированной проводки остается.

Решают ее обычно двумя способами: назначением срока опытной эксплуатации или проведением полевых испытаний. В программу испытаний входит обычно проведение замеров характеристик кабельных линий либо сплошь по всему объекту, либо выбранных случайным образом. При проведении испытаний должна быть четко



определена их методика. Далее (на основании имеющегося опыта) мы дадим описание типичной методики проведения полевых испытаний линий проводки.

### ***Последовательность испытаний***

В предыдущих разделах была описана горизонтальная проводка для локальных сетей, выполненная из компонентов Категории 5. Теперь рассмотрим характеристики собранной проводки Категории 5, полученные в результате испытаний как в полевых, так и в лабораторных условиях. Отметим, что требования к такой проводке, указанные в стандартах (европейском EN 50173, международном ISO/IEC 11801 и американском TIA/EIA-568-A), значительно различаются между собой. Поэтому требования к проводке и процедура испытаний изложены далее по TSB 67 – документу, дополняющему американский стандарт ANSI/TIA/EIA-568-A.

Монтаж и испытания проводки выполняют в несколько стадий. Сначала прокладывают горизонтальный кабель и монтируют розетку. Для испытаний кабель заделывают на концах в модульные гнезда или на кросс-панели. Этот участок горизонтальной проводки во всех стандартах допускается одинаковой длины (до 90 м) и имеет одни и те же технические характеристики (если не вдаваться в тонкости). У нас его называют «проброс», а по TSB 67 – Permanent Link. Для испытаний необходимо собрать Basic Link, состоящий из проброса и двух измерительных шнуров по 2 м. Отметим, что Basic Link если и собирают, то специально для испытаний – в практике он не применяется.

Следующая стадия монтажа – установка рабочих соединений на кросс-панели и формирование тракта горизонтальной проводки (согласно TSB 67 – Channel). Во время монтажа необходимо тщательно пометить все кабели, розетки, гнезда на кросс-панелях и занести эти сведения в журнал.

Современная проводка для локальной сети достаточно сложна и должна отвечать множеству стандартов и технических требований. Полные испытания по всем параметрам и характеристикам слишком трудоемки и выполняют их крайне редко. Как правило, ограничиваются тщательным осмотром и измерениями нескольких основных параметров, без записи подробных частотных характеристик. Обычно измеряют: длину кабеля («проброса»), сопротивление и емкость пар, затухание пар, переходное затухание на ближнем конце (NEXT), волновое сопротивление; иногда измеряют уровень шумов.

**Небольшое отступление.** Введение в стандарты термина Channel (канал) изменило устоявшуюся терминологию для компьютерной сетевой проводки. До этого все было ясно: между рабочей станцией и концентратором (коммутатором) проложена пассивная линия, как это и принято везде в связи. Канал (связи), по традиции очень давней, включает в себя как активное, так и пассивное оборудование (линию) и образуется с помощью электронной аппаратуры. Теперь эту же линию в новых стандартах (в EIA/TIA-568 этого не было) переименовали в Channel. Стало очень похоже на ситуацию в телевидении, где телевизионную компанию кто-то назвал «каналом» (см. программу ТВ), и теперь терминология там полностью перепуталась. Мы будем придерживаться для Channel термина «тракт».

Следует отметить, что введение термина Channel уже породило неразбериху при переводе технической документации. Так, в переводах описаний тестеров для проводки термин Channel звучит как «канал связи», «пользовательский канал», что ведет к непониманию сути текста и функций прибора. Напомним, что классический канал связи (радиоканал, телефонный, телевизионный и т. п.) обязательно содержит каналообразующую аппаратуру, которой в Channel нет и в помине.

### Две схемы испытаний

Документ TIA/EIA TSB 67 определяет две схемы испытания линий горизонтальной проводки – тестирование Basic Link и Channel (рис. 5-9 и рис. 5-10). Channel содержит два соединителя на каждом



Рис. 5-9. Схема испытаний Basic Link по стандарту TSB 67

конце, в то время как Basic Link – только по одному соединителю на каждом конце. Если вы испытываете линию от информационной розетки до оконцевателя кабеля в отсеке связи (заделки на панели), вы должны выбрать схему испытаний Basic Link. Если же вы диагностируете всю линию, из конца в конец, вместе с кроссом и шнурами, вы должны собрать схему тестирования Channel.

Кроме сказанного, может появиться необходимость испытывать горизонтальную проводку, в которой имеется два соединителя на одном и один соединитель на другом концах. Есть смысл этот случай рассматривать как Channel. Но для одного из параметров такую линию надо воспринимать и как Channel, и как Basic Link. Имеется в виду NEXT (переходное затухание), для которого с конца, имеющего два соединителя, линия должна удовлетворять требованиям к Channel, а с конца с одним соединителем – требованиям к Basic Link. Эта двойственная конфигурация испытаний применяется только в случае, если необходим тщательный анализ или детальная диагностика.

Технические требования к собранным, готовым к эксплуатации частям проводки четко сформулированы в техническом бюллетене TIA/EIA TSB 67. Значения погонного и переходного затухания (attenuation и NEXT loss, соответственно) для участков проводки Категории 5 приведены в табл. 5-9.

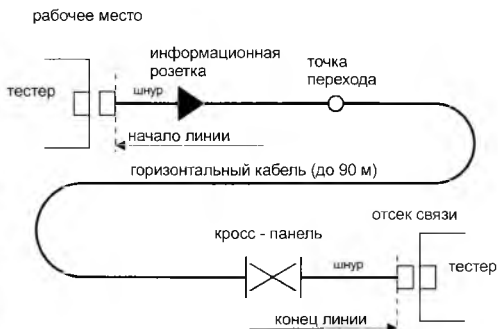


Рис. 5-10. Схема испытаний Channel по стандарту TSB 67

Табл. 5-9. Технические требования к проводке Категории 5

| Тип линии | Basic Link    |          | Channel       |          |
|-----------|---------------|----------|---------------|----------|
|           | Затухание, дБ | NEXT, дБ | Затухание, дБ | NEXT, дБ |
| 1,0       | 2,1           | 60,0     | 2,5           | 60,0     |
| 4,0       | 4,0           | 51,8     | 4,5           | 50,6     |
| 8,0       | 5,7           | 47,1     | 6,3           | 45,6     |
| 10,0      | 6,3           | 45,5     | 7,0           | 44,0     |
| 16,0      | 8,2           | 42,3     | 9,2           | 40,6     |
| 20,0      | 9,2           | 40,7     | 10,3          | 39,0     |
| 25,0      | 10,3          | 39,1     | 11,4          | 37,4     |
| 31,25     | 11,5          | 37,6     | 12,8          | 35,7     |
| 62,5      | 16,7          | 32,7     | 18,5          | 30,6     |
| 100,0     | 21,6          | 29,3     | 24,0          | 27,1     |

### *Тестеры для испытаний проводки*

Приборы для испытаний проводки Категории 5 выпускаются в значительном ассортименте. Мы имели дело с двумя полевыми тестерами: PentaScanner+ (Microtest) и DSP-100 (Fluke). Оба прибора измеряют параметры линий до 100 МГц. Как нам представляется, PentaScanner+ несколько удобнее и меньше по размерам, а DSP-100 – мобильнее в измерениях и более точен.

Оба прибора хорошо подходят для испытаний в полевых условиях, имеют режим AUTOTEST, при котором испытания автоматически выполняются по заданной программе. Кроме того, оба тестера позволяют измерять в ручном режиме все параметры с нужной дискретизацией по частоте, запоминают результаты испытаний и дают возможность распечатать протокол с помощью принтера. Необходимо обратить внимание на то, что соединители в головной и хвостовой частях тестера из результатов испытаний должны быть исключены. Простейший путь для этого – калибровать тестер с коротким шнуром, прилагаемым к тестеру. Но это не всегда возможно, поэтому применяют и программные способы для автоматического исключения этих соединителей.

При испытаниях проводки очень полезным прибором служит импульсный рефлектометр (TDR – time domain reflectometer), на экране которого линия видна полностью или по частям. Принцип действия прибора радиолокационный: импульс посылается в линию, а отраженный сигнал выводится на экран прибора. Таким образом рассматривается вся линия проводки; особенно хорошо видны плохие места.

Функция TDR реализована в тестере DSP-100, упомянутом выше. У него же имеется еще одна подобная операция – TDX (time domain crosstalk), показывающая переходные помехи по длине линии. Обычно же картина NEXT представляется только по частоте, что иногда затрудняет определение плохих мест.

Практически все тестеры дают зависимость погонного затухания и переходного затухания от частоты. Как в TSB 67, так и в стандартах эти характеристики заданы на дискретных частотах. При этом как бы подразумевается, что кривые на графиках в области частот до 100 МГц нигде не должны выходить за пределы (нормы), заданные в стандартах. Здесь видно противоречие: в таком случае и нормы следовало бы установить в виде непрерывных кривых.

### **Калибровка тестера**

Тестер для проводки состоит обычно из двух устройств: основного и дополнительного. Основной блок подключается к ближнему концу линии, а дополнительный – к дальнему концу. Изготовители тестеров поставляют вместе с прибором и наборы для калибровки. Если при измерениях параметров линий необходимы переходники (адаптеры), то наилучшим решением будет включать их в схему калибровки.

Для калибровки основной блок тестера соединяется с дополнительным коротким шнуром. Затем устанавливают на табло нулевое значение затухания, измеряемое с включенными в схему калибровки переходниками. При этом точность измерений повышается, т. к. переходники по стандарту TIA/EIA-568A не входят в состав горизонтальной проводки и не учитываются при нахождении ее параметров.

Следующий шаг обычно – выбор типа кабеля из имеющихся в меню тестера, поскольку правильное определение типа кабеля сильно влияет на точность измерений длины линии и задержки сигнала при распространении. Если выбор типа кабеля неоднозначен, то лучше сначала подключить тестер к хорошо известному кабелю для нахождения соответствия.

Главная проблема при начале испытания линий различных типов – определение NVP (nominal velocity of propagation) – номинальной скорости распространения сигнала по кабелю. Значения NVP даны в справочном листе, входящем в инструкцию к тестеру, или их можно найти в каталогах на кабели. К сожалению, значение NVP часто дается неточно или не приводится вовсе. Если этот параметр критичен для испытаний, то правильное значение NVP легче всего определить с помощью самого тестера на специальной эталонной

длине кабеля. Для этого эталонный отрезок испытуемого кабеля (не менее 25 м длиной) разматывают в коридоре или на открытой сухой площадке и подключают к нему тестер по обычной методике. Затем, меняя показатель NVP на шкале прибора, добиваются совпадения показаний длины кабеля на приборе и длины эталонного отрезка. Полученное в результате этой процедуры значение NVP и принимают как истинное для испытуемого кабеля.

За длину эталонного кабеля принимается значение, измеренное рулеткой, а не тестером, поскольку «электрическая» длина всех четырех пар разная – из-за разных шагов скрутки. При выставлении на приборе правильного NVP следует пользоваться показанием для самой «электрически короткой» пары – это значение NVP и будет самым близким к «физической длине», измеренной рулеткой. Пользоваться для измерений длины метками на кабеле настоятельно не рекомендуется.

### ***Результаты испытаний***

Нам приходилось испытывать множество линий проводки на различных объектах тестером PentaScanner компании Microtest. Прибор достаточно удобен в работе. Результаты подобных испытаний приведены в *табл. 5-10*, где показан протокол, распечатанный из памяти прибора.

В протоколе указаны: тип (марка) кабеля (1061C), длины всех четырех пар, их волновое сопротивление, сопротивление на постоянном токе, емкость на частоте 1 кГц, затухание в полосе частот до 100 МГц и соответствующая норма. В нижней таблице протокола приведены исключительно параметры влияния – NEXT loss (переходное затухание на ближнем конце) для всех шести комбинаций пар на тех частотах, где оно наименьшее. Ниже в таблице дана норма, рассчитанная для тех же частот по специальной формуле (CAT5 Link). В нижней части таблицы приведен Active ACR (attenuation/crosstalk ratio – разница между NEXT и погонным затуханием), характеризующий соотношение сигнал/помеха в линии. Заканчивается протокол испытаний подписью испытателя и датой.

Подобных протоколов на каждом объекте бывают сотни и даже тысячи, поэтому надо тщательно следить за заполнением верхней части протокола: название объекта, тип кабеля, номера портов, сто-ек, слотов, отсеков связи, этажей здания. Наиболее частая ошибка – пренебрежение на начальной стадии выполнением этой операции и, как расплата, жуткая неразбериха в конце работы при ее сдаче. Поэтому мы обращаем на эту работу особое внимание, что и помогает

выполнять высококачественную проводку без, казалось бы, неизбежной путаницы. Надо только тщательно делать маркировку проводки и оформление записей с самого начала. Все маркировочные и испытательные работы необходимо непрерывно фиксировать в специальном журнале проводки. Можно в его компьютерном аналоге, но и в бумажном, дополнительном также не помешает. Обращаем внима-

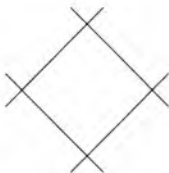
Табл. 5-10. Протокол испытаний линии прибором  
PENTASCANNER

| NetDialogue Inc.                        |             |                                 |       |               |                                 |       |       |
|---|-------------|---------------------------------|-------|---------------|---------------------------------|-------|-------|
| PENTASCANNER CABLE CERTIFICATION REPORT |             |                                 |       |               |                                 |       |       |
| *CAT5 Link Autotest                     |             |                                 |       |               |                                 |       |       |
| Circuit ID:                             | 1           |                                 |       | Date:         | 04 Jan 96                       |       |       |
| Test Result:                            | PASS        |                                 |       | Cable Type:   | ATT 1061C                       |       |       |
| Owner:                                  | NetDialogue |                                 |       | Gauge:        |                                 |       |       |
| Serial Number:                          | 38S94FB0085 |                                 |       | Manufacturer: |                                 |       |       |
| Inj. Ser. Num:                          | 38194FB0085 |                                 |       | Connector:    |                                 |       |       |
| SW Version:                             | V04.10      |                                 |       | User:         |                                 |       |       |
| Building:                               |             |                                 |       | Floor:        |                                 |       |       |
| Closet:                                 |             |                                 |       |               |                                 |       |       |
| Rack:                                   |             |                                 |       | Hub:          |                                 |       |       |
| Slot:                                   |             |                                 |       | Port:         |                                 |       |       |
| Test                                    |             | Expected Results                |       |               | Actual Test Results             |       |       |
| Wire Map                                |             | Near: 12345678<br>Far: 12345678 |       |               | Near: 12345678<br>Far: 12345678 |       |       |
|   |             |                                 |       | Pr 12         | Pr 36                           | Pr 45 | Pr 78 |
| Length                                  | m           | 0.0 - 100.0                     |       | 40.5          | 39.9                            | 40.2  | 39.5  |
| Prop. Delay                             | ns          |                                 |       |               |                                 |       |       |
| Impedance                               | ohms        | 80 - 125                        |       | 108           | 109                             | 109   | 109   |
| Resistance                              | ohms        | 0.0 - 18.8                      |       | 7.1           | 7.0                             | 7.2   | 7.1   |
| Capacitance                             | pF          | 10 - 5600                       |       | 1938          | 1871                            | 1911  | 1879  |
| Attenuation                             | dB          |                                 |       | 8.2           | 7.9                             | 8.2   | 7.7   |
| @Freq                                   | MHz         |                                 |       | 100.0         | 100.0                           | 100.0 | 96.0  |
| Limit:                                  | dB          | Cat 5 Link                      |       | 21.6          | 21.6                            | 21.6  | 21.1  |
| Pair Combinations                       |             | 12/36                           | 12/45 | 12/78         | 36/45                           | 36/78 | 45/78 |
| NEXT Loss                               | dB          | 42.3                            | 43.3  | 43.6          | 33.4                            | 43.0  | 39.7  |
| Freq (0.7-100.0)                        | MHz         | 75.2                            | 89.7  | 59.2          | 95.2                            | 87.7  | 96.7  |
| Limit: Cat 5 Link                       | dB          | 31.3                            | 30.1  | 33.1          | 29.6                            | 30.2  | 29.5  |
| Active ACR                              | dB          | 35.4                            | 35.7  | 36.2          | 26.0                            | 35.8  | 31.8  |
| Frequency                               | MHz         | 99.0                            | 90.0  | 92.0          | 98.0                            | 88.0  | 97.0  |
| Limit: Derived                          | dB          | 7.9                             | 9.6   | 9.2           | 8.1                             | 10.0  | 8.3   |
| Signature: _____                        |             |                                 |       | Date: _____   |                                 |       |       |

ние на то, что важность этой работы, как правило, недооценивается исполнителями, особенно молодыми и неопытными. Поэтому в курсы обучения монтажников должен с особой строгостью вводиться раздел о классификации, маркировке и сертификации проводки: начинающие монтажники охотно выполняют всю монтажную работу и крайне неохотно – эту, бумажную.

Необходимо ясно понимать, что испытания в полевых условиях проводятся приборами, предназначенными для полевых измерений, а точность этих приборов относительно невелика. Результаты измерений могут содержать достаточно большую погрешность и, как правило, не служат основанием для сертификации. Поэтому необходимо трезво оценивать их значимость и относиться к ним скорее как к иллюстративному материалу для сдаточной документации.

Как видно из вышеизложенного, проведение полевых испытаний проводки Категории 5 – весьма трудоемкая процедура, отнимающая много времени. Поэтому и заказчику, и подрядчику необходимо предусмотреть ее выполнение и определить ее стоимость (а она может быть немалой) еще на этапе заключения договора. В противном случае, либо подрядчику придется ее выполнять за свой счет в неурочное время, либо заказчик не сумеет заставить подрядчика выполнить неоговоренные в договоре работы.





## На пути к Категории 6

### 6.1. Предложения по Категории 6

*Как будут развиваться кабельные системы для локальных сетей? Что возобладаст – медная проводка Категории 6 или оптика?*

*Здесь мы лишь рассмотрим ожидаемые характеристики проводки Категории 6 и проанализируем их.*

Основной вопрос, который возникает: а нужна ли компьютерная проводка Категории 6? Может быть, достаточно Категории 5, с полосой 100 МГц? Отметим, что кабели и другие компоненты проводки Категории 5, как уже выяснилось, обеспечивают передачу сигналов АТМ со скоростью 155 Мбит/с по каждой паре (по всем четырем парам – 622 Мбит/с). Предполагается, что будет поддерживаться даже 2,4 Гбит/с (при меньшей дальности).

Некоторые приложения (например 100Base-T) чувствительны к задержке сигналов в линии. Еще одна проблема – резонансы, возникающие на коротких участках линии передачи в отдельных случаях. Описанные выше трудности преодолеваются, но они остаются для скоростей порядка 1 Гбит/с. В целом проводка Категории 5, вероятно, удовлетворит потребности по передаче информации в сетях с темпом до 1 Гбит/с.

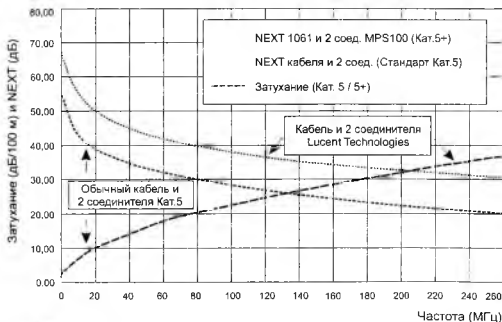
#### *Неэкранированные кабельные системы*

Первые предложения проводки Категории 6 появились в 1994 г. Например, Предложение Франции в Международную электротехническую комиссию (МЭК), которое состоит в следующем. Кабель из витых пар специфицируется до 300 МГц; предполагаемые его характеристики приводятся в табл. 6-1. Как видно из таблицы, на частоте 300 МГц переходное затухание на ближнем конце (NEXT) меньше погонного затухания почти на 16 дБ. Тем не менее в Предложении параметр ACR (разница между переходным затуханием и погонным затуханием) дан с положительным знаком, что вызывает недоумение (см. табл. 6-1). Сказанное выше в Предложении не пояснено. Что касается волнового сопротивления, то оно лежит в пределах  $100 \pm 6$  Ом. Напомним, что для Категории 5 задано значение  $100 \pm 15$  Ом.

**Табл. 6-1. Основные параметры неэкранированных витых пар Категории 6 (из предложения Франции в МЭК)**

| Частота, МГц | Затухание не более дБ/100 м | NEXT, дБ | ACR не менее, дБ/100 м | Реальный ACR не менее, дБ/100 м |
|--------------|-----------------------------|----------|------------------------|---------------------------------|
| 1            | 2,3                         | 62       | 60                     | 59,7                            |
| 4            | 4,4                         | 53       | 49                     | 48,6                            |
| 10           | 6,9                         | 47       | 41                     | 40,1                            |
| 16           | 8,8                         | 45       | 37                     | 36,2                            |
| 20           | 9,8                         | 44       | 35                     | 34,2                            |
| 31,25        | 12,3                        | 42       | 31                     | 29,7                            |
| 62,5         | 17,7                        | 40       | 29                     | 22,3                            |
| 100          | 23,0                        | 38       | 23                     | 15,0                            |
| 155          | 30,0                        | 35       | 16                     | 5,0                             |
| 200          | 35,1                        | 33       | 12                     | -2,1                            |
| 300          | 46,8                        | 31       | 4                      | -15,8                           |

Движением в направлении Категории 6 можно считать кабель марки Data Twist 350 компании Belden, характеристики которого заданы до 350 МГц. Это – традиционный кабель из неэкранированных витых пар, но выполненный по новейшей технологии, с применением склейки проводов в паре; его характеристики аналогичны приведенным в табл. 6-1.



**Рис. 6-1. Затухание и NEXT для четырехпарного кабеля 1061 с соединителями**

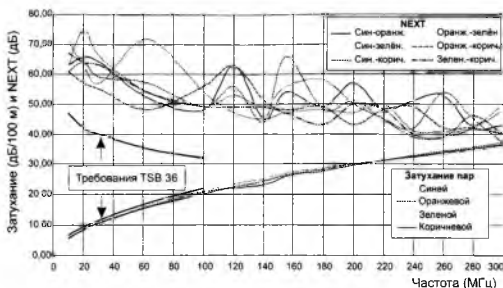


Рис. 6-2. Измеренные затухание и NEXT для четырехпарного кабеля марки 1061C

Определенный шаг в расширении полосы частот неэкранированной кабельной системы сделала компания SYSTIMAX Solutions. Она опубликовала материалы об улучшенной проводке Категории 5 (CAT5+) в полосе частот примерно до 300 МГц (рис. 6-1). Как следует из приведенных графиков, линия горизонтальной проводки, состоящая из 100 м кабеля 1061C и двух соединителей MPS 100, имеет превышение по переходному затуханию относительно стандартной на 10 дБ. Это достижение, без сомнения, расширяет ее широкополосность. Погонное затухание собственно кабеля при этом не изменилось (см. рис. 6-1), а все увеличение параметра ACR (разница между переходным и погонным затуханиями) получено за счет значительного повышения переходного затухания (NEXT).

Здесь будет уместно привести данные авторов, полученные в июле 1996 г. на кабеле 1061C в полосе частот до 300 МГц (рис. 6-2). Графики переходного затухания всех четырех пар демонстрируют значительный запас по NEXT во всей полосе частот до 300 МГц (стандартные требования приведены только в полосе частот до 100 МГц).

### Экранированные кабельные системы

Другое направление реализации Категории 6 появилось в Германии, где предложен экранированный четырехпарный кабель из экранированных витых пар (по не устоявшейся еще терминологии – S-FTP кабель). Его параметры заданы до 600 МГц (табл. 6-2). Заяв-

ленные характеристики не вызывают сомнения, но они достигаются высокой ценой как в прямом, так и в переносном значении.

Спрашивается, а может ли такой сложный и дорогой кабель конкурировать с оптикой? Но это еще не вся проблема. Нет стандартизованных экранированных соединителей для четырехпарных кабелей, сертифицированных в полосе частот до 600 МГц, а это сложная самостоятельная задача.

В докладе Bell Labs, опубликованном весной 1996 г., отмечалось, что применение медной проводки с полосой до 600 МГц не потребуется. Во-первых, необходимость полосы 600 МГц вызывает сомнение, так как по кабельной системе Категории 5 (с полосой до 100 МГц) возможна передача информации со скоростью даже выше, чем 1 Гбит/с (в докладе названа 1,8 Гбит/с). Во-вторых, экранированная кабельная система намного сложнее и дороже, чем проводка из неэкранированных витых пар. И, наконец, в случае необходимости еще больших скоростей передачи дается рекомендация применять оптические кабели, т. к. оптическая кабельная система быстро дешевеет и становится все совершеннее. Применение в локальных компьютерных сетях экранированных кабельных систем с полосой до 600 МГц в докладе Bell Labs признается нецелесообразным. Время покажет, на чьей стороне правда, а пока рассмотрим более подробно предложенные варианты экранированных кабельных систем Категории 6.

На выставке «Связь-Экспоком 96» была представлена экранированная кабельная система, работоспособная до 600 МГц. И раньше имелись публикации о кабелях Категории 6, но такую комплектную

Табл. 6-2. Основные параметры экранированных витых пар, предложенных для Категории 6 в Германии

| Частота,<br>МГц | Затухание не более<br>дБ/100 м | NEXT,<br>дБ | Расчетный ACR<br>не менее, дБ/100 м |
|-----------------|--------------------------------|-------------|-------------------------------------|
| 1               | 2,1                            | 80          | 77,9                                |
| 4               | 4,0                            | 80          | 76,0                                |
| 10              | 6,0                            | 80          | 74,0                                |
| 16              | 7,6                            | 80          | 72,4                                |
| 20              | 8,5                            | 80          | 71,5                                |
| 31,25           | 10,6                           | 80          | 69,4                                |
| 62,5            | 15,0                           | 80          | 65,0                                |
| 100             | 19,0                           | 70          | 51,0                                |
| 155             | 24,0                           | 70          | 46,0                                |
| 300             | 33,0                           | 70          | 37,0                                |
| 600             | 50,0                           | 60          | 10,0                                |

проводку удалось видеть впервые. Кабельная сеть ICCS (Integrated Communications Cabling System) фирмы Siemens строится на базе симметричных медных экранированных кабелей. Для полосы частот 600 МГц предложен кабель марки Data 6, у которого каждая из четырех пар помещена в экран из алюмополимерной пленки, а весь скрученный сердечник находится в оплетке из медных луженых проволок. Волновое сопротивление пары 100 Ом. Кабель соответствует международному стандарту ISO/IEC 11801 и евростандартам по электромагнитной совместимости, в частности, EN 55022 Класс В. Кабель ICCS Data 6 используется совместно с модульными соединителями типа SML (Siemens Modular Link) для построения линий горизонтальной проводки на этажах (т. н. третий уровень).

Аналогичные модули применены в кросс-панелях и в информационных розетках. Соединения SML разработаны для использования в сетях с высокими скоростями, такими как АТМ, равно как и в сетях 100 Base-TX и подобных. Siemens специально указывает, что Комитеты по стандартизации уже рассматривают характеристики системы до 600 МГц для проводки Категории 6 и линий Клас­са Е.

Еще одна, не столь известная, как Siemens, германская фирма – НРМ KABEL на выставке в Москве весной 1996 г. демонстрировала кабельную систему под названием HPDS (High Performance Datatronic System), также функционирующую в полосе частот до 600 МГц. В каталоге этой компании есть кабели, работоспособные как до 300 МГц, так и перекрывающие полосу до 600 МГц.

Обращает на себя внимание кабельная система IBM Mini C, являющаяся, по-видимому, развитием компьютерной проводки IBM Advanced Connectivity System Type C. Как стало известно из опубликованных материалов, экранированные кабели и другие компоненты, входящие в эту систему, имеют нормируемые характеристики до 350 МГц.

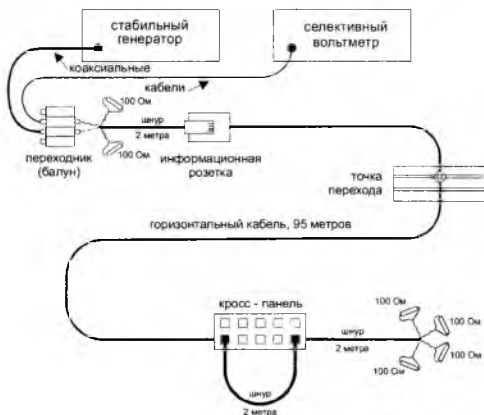
В июле 1996 г. были опубликованы документы об успешных испытаниях компанией AMP Netconnect (Германское отделение) компонентов экранированной кабельной системы Категории 6. Представители компании утверждали, что принятие Категории 6 не за горами и что рассмотрение Категории 6 происходит в следующих комитетах: CENELEC (Европейская организация), ISO/IEC (Международные организации по стандартизации), а также в подкомитетах IEEE 802.3, 802.12. В дальнейшем эта кабельная система получила статус Категории 7 (1997 г.).

### *Испытания модели*

В завершение раздела приведем результаты измерений параметров полномасштабной модели линии проводки, выполненной из

компонентов Категории 5+ (в дальнейшем – 5е). Эти компоненты входят в состав модификации структурированной кабельной системы SYSTIMAX – изделия типа PowerSum.

Испытанная нами модель проводки отвечает требованиям стандарта ANSI/ TIA/EIA-568A и дополнительного бюллетеня TIA/EIA TSB 67 к Channel. Схематически она представлена на *рис. 6-3* и состоит из всех необходимых элементов: информационной розетки, горизонтального кабеля длиной 95 м, двух соединителей на кросс-панели, трех шнуров по 2 м каждый и точки перехода (transition point) на горизонтальном кабеле. Отличия от реальной проводки состоят в том, что длина горизонтального кабеля увеличена на 5 м (имитация шнура длиной 4 м), а два разъема RJ45 на концах двух крайних шнуров отрезаны. Пары проводов разведены на концах под углом 90° и нагружены на резисторы 100 Ом (кроме двух пар на переднем конце, предназначенных для измерений). Во всем остальном собранная линия проводки соответствует стандартам. Измерялись погонное и пере-



*Рис. 6-3.* Схема измерений переходного затухания на ближнем конце (NEXT) для модели Channel (линии горизонтальной проводки) Категории 5+

Табл. 6-3. Результаты измерения затухания пар

| Частота,<br>МГц | Затухание, дБ |           |         |            |        |
|-----------------|---------------|-----------|---------|------------|--------|
|                 | Синяя         | Оранжевая | Зеленая | Коричневая | TSB-67 |
| 10,00           | 6,00          | 6,10      | 5,80    | 6,00       | 6,30   |
| 20,00           | 8,70          | 8,80      | 8,60    | 8,60       | 9,20   |
| 31,25           | 11,00         | 11,20     | 11,00   | 11,30      | 12,80  |
| 62,50           | 16,30         | 16,50     | 16,00   | 16,00      | 18,50  |
| 100,00          | 21,00         | 21,30     | 21,00   | 20,50      | 24,00  |
| 120,00          | 23,00         | 23,20     | 22,80   | 22,80      |        |
| 140,00          | 25,20         | 24,00     | 25,20   | 24,80      |        |
| 155,00          | 26,30         | 26,70     | 26,50   | 26,00      |        |
| 180,00          | 29,00         | 29,00     | 29,00   | 28,50      |        |
| 200,00          | 30,20         | 30,70     | 29,60   | 29,70      |        |
| 220,00          | 32,20         | 32,00     | 33,00   | 31,00      |        |
| 240,00          | 33,80         | 33,00     | 33,00   | 33,80      |        |
| 260,00          | 34,20         | 35,20     | 36,00   | 35,50      |        |
| 280,00          | 35,50         | 36,00     | 36,00   | 36,00      |        |
| 300,00          | 37,00         | 36,50     | 36,50   | 36,50      |        |

Табл. 6-4. Результаты измерения переходного затухания пар между парами

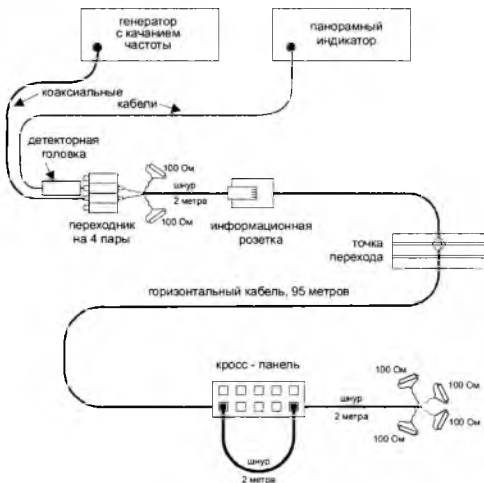
| Частота,<br>МГц | Переходное затухание (NEXT), дБ |         |         |           |         |         | Требования<br>TSB-67,<br>не менее |
|-----------------|---------------------------------|---------|---------|-----------|---------|---------|-----------------------------------|
|                 | Синяя                           |         |         | Оранжевая |         | Зеленая |                                   |
|                 | Оранжеж.                        | Зеленая | Коричн. | Зеленая   | Коричн. | Коричн. |                                   |
| 10,00           | 60,5                            | 67      | 61      | 60        | 61      | 62      | 44                                |
| 20,00           | 64                              | 52      | 65      | 53        | 56      | 58      | 39                                |
| 31,25           | 57                              | 46      | 60      | 52        | 51      | 56      | 35,7                              |
| 62,50           | 60                              | 57      | 56      | 45        | 47      | 55      | 30,6                              |
| 100,00          | 68                              | 40      | 53      | 43        | 40      | 42      | 27,1                              |
| 120,00          | 50                              | 46      | 54      | 42        | 39      | 64      |                                   |
| 140,00          | 50                              | 40      | 53      | 45        | 39      | 42      |                                   |
| 155,00          | 47                              | 38      | 48      | 43        | 33      | 44      |                                   |
| 180,00          | 56                              | 38      | 44      | 41        | 39      | 43      |                                   |
| 200,00          | 50                              | 39      | 43      | 41        | 33      | 41      |                                   |
| 220,00          | 47                              | 39      | 51      | 39        | 43      | 53      |                                   |
| 240,00          | 48                              | 39      | 43      | 40        | 40      | 41      |                                   |
| 260,00          | 46                              | 36      | 43      | 40        | 41      | 41      |                                   |
| 280,00          | 45                              | 39      | 41      | 43        | 38      | 38      |                                   |
| 300,00          | 45                              | 37      | 42      | 42        | 41      | 31      |                                   |

ходное затухания всех пар в полосе частот до 300 МГц. Результаты этих измерений представлены в табл. 6-3 и 6-4, соответственно.

Как видно из табл. 6-3 и 6-4, характеристики испытанной нами линии горизонтальной проводки значительно превосходят требования Категории 5 по TSB 67. Это позволяет думать, что такая линия будет нормально работать в полосе частот, в 1,5–2 раза превышающей заданные для линий Категории 5 100 МГц. Измерения выполнялись лабораторными приборами высокой точности.

**Подтверждена рабочая ширина полосы 200 МГц для линии проводки Категории 5+ (PowerSum)**

Модель линии горизонтальной проводки (Channel) Категории 5+ собрана нами из компонентов PowerSum, входящих в состав структу-



**Рис. 6-4. Схема измерений переходного затухания экспериментальной линии горизонтальной проводки Категории 5+ на панорамной установке**



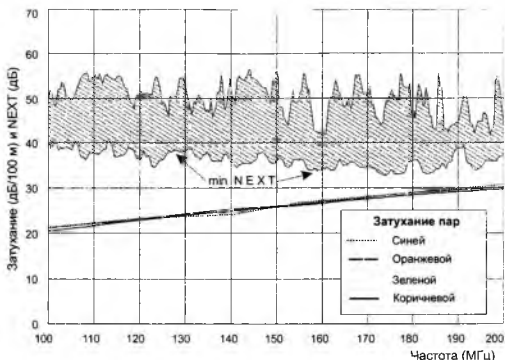


Рис. 6-5. Погонное и переходное (NEXT) затухание экспериментальной линии горизонтальной проводки (Channel) в полосе от 100 до 200 МГц

рированной кабельной системы SYSTIMAX, и испытана в декабре 1996 г. Измерения затухания и переходного затухания (NEXT) выполнены в полосе частот 10–300 МГц.

Подтверждение рабочей полосы 200 МГц потребовало дополнительных измерений с большей (чем раньше) разрешающей способностью по частоте. Для выполнения таких измерений были приняты усилия в апреле–июне 1997 г., и они увенчались успехом. Результаты получены в виде графика частотной зависимости переходного затухания между парами, причем строился сводный график NEXT всех пар. На этом графике все шесть кривых NEXT записаны вместе (с одной установки аппаратуры и самописца) как общая картина. Для измерений применена аппаратура с качанием (непрерывным изменением) частоты в диапазоне 100–200 МГц, и панорамной индикацией на большом экране и записью на чувствительном графопостроителе. Наиболее точные измерения NEXT получаются в данной схеме (см. рис. 6-4) при наименьшем его значении – т.е. для худшего случая, что нас и интересует. Полученные кривые (см. рис. 6-5) убедительно показывают, что NEXT всюду

превышает погонное затухание не менее чем на 3–4 дБ, чего вполне достаточно для нормальной работы линии в компьютерной сети.

## 6.2. Новые виды медной проводки

*В горизонтальной проводке для локальных сетей львиную долю составляют медные кабели. Какую же Категорию медной проводки выбрать?*

При создании скоростных кабельных систем предлагаются на выбор следующие типы компьютерной проводки: 1) медная неэкранированная; 2) медная экранированная; 3) волоконно-оптическая. Трудно даже представить, какие сомнения должен преодолеть сетевой администратор, чтобы на что-то решиться. Данная глава как раз и должна помочь ему в этой сложной ситуации.

В магистральных линиях оптические кабели победили электрические. Этого нельзя сказать о компьютерной проводке, особенно относительно «последней стометровки». Более того: можно отметить даже некоторое наступление здесь медных кабелей. В предыдущей главе мы уже касались проблем скоростной передачи до рабочего места, и было рассказано, как медная проводка борется за свое место под солнцем. Укрепились решения, продвигающие медные кабели в более высокочастотную область: неэкранированные системы проводки – до 250 МГц, экранированные – до 600 МГц. При этом по неэкранированным витым парам (UTP) достигнуты скорости передачи до 1,2 Гбит/с. Рассмотрим предлагаемые варианты скоростной медной проводки более детально.

### *Неэкранированная проводка*

Прежде всего, это GigaSPEED Cabling System – модификация известных продуктов SYSTIMAX как в сторону улучшения параметров, так и по количеству поддерживаемых приложений. По кабельной системе GigaSPEED работает около двадцати приложений.

Замысел конструкторов кабельной системы GigaSPEED состоит в том, чтобы обеспечить передачу со скоростью 1 Гбит/с (и даже выше) по неэкранированному четырехпарному кабелю. Такая принципиальная возможность была показана довольно давно. Совершенно иное дело – создание промышленной продукции, удовлетворяющей этому требованию. Сначала была разработана серия кабелей GigaSPEED, а выпуск всех компонентов GigaSPEED завершен в 1997 г. В мае 1997 г. в Атланте была продемонстрирована возможность достижения проектных параметров кабельной системы GigaSPEED. Из

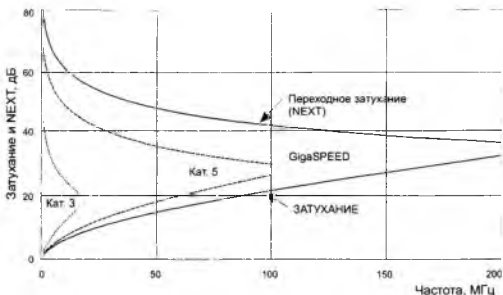


Рис. 6-6. Частотные характеристики кабельной системы GigaSPEED

рис. 6-6 видно, что линия горизонтальной проводки (Channel) GigaSPEED имеет широкополосность 200 МГц, в то время как обычная проводка Категории 5 – только 100 МГц.

Теперь рассмотрим более подробно кабельные изделия серии GigaSPEED. Кабель марки 1071 – обычного исполнения, в то время как 2071 и 3071 – пожаростойкие. Кабель 2071 – с фторопластовой изоляцией, а 3071 – так называемый «безгалогенный с низким дымо-выделением» (LSZH).

Приведем основные параметры этой серии кабелей: погонное и переходное затухания, соотношение этих параметров (ACR) и структурные возвратные потери в полосе частот до 550 МГц (см. табл. 6-5). Можно отметить, что переходное затухание (NEXT) и ACR превышают требования стандарта ANSI/TIA/EIA-568A в полосе частот до 100 МГц на 10 дБ. Что касается погонного затухания, то оно улучшено в среднем на 4 %. Так как рабочая область частот кабелей GigaSPEED расширена до 550 МГц (при передаче, например, телевизионных сигналов), у них нормируется важный для такого режима параметр *структурные возвратные потери* (structural return loss, SRL). На этом параметре мы остановимся подробнее в последующей главе. Здесь лишь отметим, что чем больше (в дБ) SRL, тем кабель лучше. Из табл. 6-5 видно, что кабели GigaSPEED обладают хорошим уровнем SRL.

Табл. 6-5. Основные параметры кабеля 1071 по сравнению со стандартом

| Частота<br>(МГц) | Переходное<br>затухание<br>(дБ), не менее |      | Погонное затухание<br>(дБ/100 м),<br>не более |      | NEXT-Att<br>(дБ),<br>не менее | Структурные<br>возвратные потери<br>(дБ), не менее |      |
|------------------|---|------|---|------|-------------------------------|--|------|
| Freq.            | NEXT                                      |      | Att.  |      | ACR                           | SRL  |      |
|                  | 568A                                      | 1071 | 568A  | 1071 | 1071                          | 568A   | 1071 |
| 0,772            | 64  | 74,0 | 1,8   | 1,7  | 72,3                          | 23,0   | 26,0 |
| 1                | 62  | 72,3 | 2,0   | 2,0  | 70,3                          | 23,0   | 26,0 |
| 4                | 53  | 63,3 | 4,1   | 3,9  | 59,4                          | 23,0   | 26,0 |
| 8                | 48  | 58,8 | 5,8   | 5,5  | 53,3                          | 23,0   | 26,0 |
| 10               | 47  | 57,3 | 6,5   | 6,2  | 51,1                          | 23,0   | 26,0 |
| 16               | 44  | 54,3 | 8,2   | 7,9  | 46,4                          | 23,0   | 26,0 |
| 20               | 42  | 52,8 | 9,3   | 8,9  | 43,9                          | 23,0   | 26,0 |
| 25               | 41  | 51,3 | 10,4  | 10,0 | 41,3                          | 22,0   | 25,0 |
| 31,25            | 39  | 49,9 | 11,7  | 11,2 | 38,7                          | 21,1   | 24,1 |
| 62,5             | 35  | 45,4 | 17,0  | 16,2 | 29,2                          | 18,1   | 21,1 |
| 100              | 32  | 42,3 | 22,0  | 20,8 | 21,5                          | 16,0   | 19,0 |
| 155              |   | 39,5 |   | 26,4 | 13,1                          |  | 17,1 |
| 200              |   | 37,8 |   | 30,5 | 7,3                           |  | 16,0 |
| 300              |   | 35,2 |   | 38,3 |                               |  | 14,2 |
| 400              |   | 33,3 |   | 45,2 |                               |  | 13,0 |
| 550              |   | 31,2 |   | 54,5 |                               |  | 11,6 |

Предыдущая модификация продуктов SYSTIMAX – изделия типа PowerSum – также оказались довольно широкополосными. Для линии горизонтальной проводки, выполненной из компонентов PowerSum, нами подтверждена рабочая полоса частот 200 МГц. В частности, для этой линии была продемонстрирована разница между переходным и погонным затуханием не менее 3–4 дБ даже на краю полосы частот. На всем пути развития SYSTIMAX (от первых изделий Категории 5 типа HIGH-5, через PowerSum, вплоть до GigaSPEED) наблюдается повышение их параметров и улучшение широкополосности. Некоторые другие компании также предлагали в это время изделия расширенной Категории 5: AMP (FUTURELAN 350), Belden (Data Twist 350), Berk-Tek (LAN mark-350). Правда, не совсем понятно, о чем говорит число 350 в наименовании продукции: то ли это граничная частота при передаче аналоговых сигналов (у кабелей GigaSPEED она составляет 550 МГц), то ли это широкополосность при передаче цифровых сигналов (тогда неясно, каким способом подобная ширина полосы частот достигается при отрицательном ACR).

### Экранированная проводка

Следующая возможная ступень в развитии горизонтальной проводки – экранированная кабельная система с широкополосностью 600 МГц, предложенная компаниями AMP и Siemens. Кратко о ней рассказано в § 6.1. Рассмотрим теперь эту кабельную систему более подробно, делая упор на ее характеристики.

Экранированный кабель для такой проводки впервые предложен, по-видимому, Siemens. Он состоит из экранированных фольгой витых пар, с внешним двойным экраном из фольги и оплетки (обозначение S-FTP). Конструкция кабеля Data 6 фирмы Siemens следующая: медные проводники диаметром 0,55 мм покрыты пленко-пористой полиэтиленовой изоляцией, свиты в пары и обмотаны алюмопластовой лентой. Сердечник из четырех (бывает и двух) экранированных пар обмотан алюмопластовой лентой, оплетен лужеными медными проволоками и покрыт защитной оболочкой из огнестойкого пластика. Основные параметры витых пар: волновое сопротивление  $100 \pm 15$  Ом – до 100 МГц,  $100 \pm 6$  Ом – от 100 до 600 МГц; емкость 50 пФ/м; задержка сигнала при распространении 4,4 нс/м. Частотные характеристики кабеля Data 6 в полосе частот до 600 МГц даны в табл. 6-6.

До недавнего времени не было экранированных соединителей, сертифицированных в полосе частот до 600 МГц. Такой экранированный модуль (точнее, вставка к широко известным соединителям) создан впервые компанией AMP. Обращает на себя внимание то, что, хотя AMP и Siemens именуют кабели и соединители по-разному, опубликованные ими схемы измерений и полученные результаты

Табл. 6-6. Частотные характеристики экранированных витых пар Siemens

| Частота,<br>МГц | Затухание,<br>дБ/100 м | NEXT,<br>дБ | Расчетный ACR<br>дБ/100м |
|-----------------|------------------------|-------------|--------------------------|
| 1               | 2,0                    | 80          | 78,0                     |
| 4               | 3,8                    | 80          | 76,0                     |
| 10              | 6,0                    | 80          | 74,0                     |
| 16              | 7,6                    | 80          | 72,4                     |
| 20              | 8,5                    | 80          | 71,5                     |
| 31,25           | 10,6                   | 80          | 69,4                     |
| 62,5            | 15,0                   | 80          | 65,0                     |
| 100             | 19,0                   | 70          | 51,0                     |
| 155             | 25,0                   | 70          | 45,0                     |
| 300             | 33,0                   | 70          | 37,0                     |
| 600             | 50,0                   | 60          | 10,0                     |

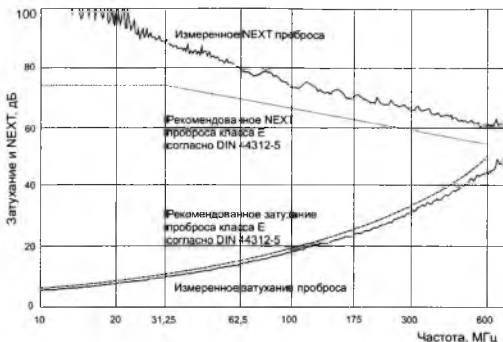


Рис. 6-7. Частотные характеристики проброса (кабель длиной 90 м + два соединителя компании AMP) в диапазоне до 600 МГц

совершенно идентичны. Видимо, на каком-то этапе работа делалась этими компаниями совместно.

Измеренные характеристики погонного и переходного затухания\* (NEXT) в полосе частот до 600 МГц для отрезка кабеля длиной 90 м с заделанными на его концах соединителями представлены на рис. 6-7. Была применена новая вставка к соединителям AMP CO Insert 600 MHz P/N 183759-1, совместимая со всеми оконцевателями (устройствами, куда заделывают витые пары) AMP и соответствующая стандарту DIN 60603-7. Вставка (insert) имеет экранированное гнездо, с четырьмя пружинящими лепестками для соединения экранов разъема (plug) и гнезда (jack). Соединитель, в свою очередь, собирается из оконцевателя и вставки, т. е. в нем имеется разъемное соединение. Собранный таким образом соединитель затем помещается в корпус розетки. Характеристики соединителя по результатам испытаний: затухание «напроход» не более 0,4 дБ во всей полосе 600 МГц; переходное затухание между парами (NEXT) не менее 80 дБ – до 100 МГц, 70 дБ – до 300 МГц, 60 дБ – до 600 МГц. Отметим, что соединитель и линия проводки соответствуют проекту стандарта E DIN 44312-5. Полное название стандарта: Application of Independent Cabling System; Part 5: Link Class E.

Аналогичную кабельную систему анонсировала компания RIT Technologies под названием STP 600 MHz.

В докладе Bell Laboratories, опубликованном в 1998 г., в который уже раз отмечается, что применение медной проводки с полосой 600 МГц для цифровой передачи не потребуется. Во-первых, необходимость полосы 600 МГц вызывает сомнение, так как по кабельной системе с рабочей полосой до 200 МГц возможна передача информации со скоростью выше 1 Гбит/с. Во-вторых, экранированная кабельная система намного сложнее и дороже, чем проводка из неэкранированных витых пар. И наконец, в случае необходимости еще больших скоростей передачи, дается рекомендация применять оптические кабели, так как оптическая кабельная система быстро дешевле и становится все доступнее.

В ближайшие годы наибольшее применение получит неэкранированная кабельная система с рабочей полосой частот 250 МГц. Относительно небольшое количество сетей будет строиться на базе экранированной проводки с полосой 600 МГц. Широкому внедрению этой кабельной системы мешает ее сложность и дороговизна, а также отсутствие единого общепринятого экранированного соединителя.

Подкомитет JTC 1/ SC25 ISO/IEC (Международная организация по стандартизации/Международная электротехническая комиссия) с сентября 1997 года рассматривает введение двух новых Категорий для проводок на симметричных кабелях. Рабочая группа WG3 этого подкомитета предпринимает разработку следующих классов проводки: Класс E (Категория 6) и Класс F (Категория 7). Затем они будут включены во второе издание стандарта ISO/IEC 11801.

Вновь предлагаемый Класс E (Категория 6) специфицирован до 250 МГц, Класс F (Категория 7) – до 600 МГц. Предполагается, что Класс F (Категория 7) будет основан на индивидуально экранированных витых парах. Для вводимых Категорий заложено положительное соотношение (разность) между переходным и погонным затуханием, даже на самых верхних рабочих частотах.

### 6.3. Экранировать проводку или нет?

Уже на этапе выработки технического задания на информационную систему и заказчику, и разработчику целесообразно задуматься о предполагаемой защищенности создаваемой системы от электромагнитных помех, снижающих надежность работы системы, и об уменьшении излучений из самой системы, позволяющих потенциальному конкуренту получить конфиденциальную информацию. Наиболее

уязвимой, с этой точки зрения, на первый взгляд выглядит проводка информационной системы, поскольку представляется замечательной антенной, как собирающей всевозможные помехи, так и излучающей наружу всю передаваемую по ней информацию. И поэтому самым простым методом борьбы за защищенность информационной системы считается использование экранированных кабелей, с последующим заземлением их экранов. Как и во всяком мифе, в этом тоже есть часть правды. Да, проводка – это антенна, да – она принимает помехи, да – она излучает наружу. Кроме того, экранирование кабелей часто действительно приносит желаемые результаты.

И все же с начала 90-х годов дебаты об относительных преимуществах экранированных и неэкранированных проводок возобновились с новой силой. Причины – в увеличении количества информационных сетей и быстром росте (в десятки раз) темпов передачи информации в них.

Увеличение количества информационных сетей привело, в первую очередь, к желанию пользователей платить действительно обоснованную цену за защищенность своих систем (экранированные кабели достаточно дороги). Увеличение же темпов передачи информации выявило принципиальные технические и инженерные проблемы. К таковым в первую очередь следует отнести неэффективность традиционного экранирования на частотах 100 МГц и выше, а также непроработанность комплекса вопросов, связанных с использованием экранированных кабелей и разъемов в информационных сетях.

На первый взгляд кажется, что лучше заэкранировать проводку локальной сети и не возиться с помехозащищенностью всей системы. Но следует помнить, что, приняв такое решение, вы добавляете довольно много сложной работы, а достичь высокой помехозащищенности не всегда удастся. Дело в том, что применение полностью экранированных проводок требует выполнения сложного комплекса условий:

- а) нужно правильно выбрать конструкцию кабеля;
- б) необходимы экранированные соединители;
- в) требуется тщательная заделка экранов в соединителях;
- г) следует тщательно выполнять заземление;
- д) монтажные работы с экранированной проводкой нужно выполнять особо качественно.

Кроме сказанного выше, надо иметь в виду, что таких великолепных стандартов, какие есть для неэкранированных систем, для экранированных проводок пока нет, как нет и хорошей документации на экранированные восьмиконтактные модульные соединители. В ре-



зультате предпринятых усилий в отдельных случаях экранированная проводка может оказаться не более помехозащищенной, чем ее неэкранированная сестра.

Рассмотрим подходы к правильному выбору элементов экранированной проводки и характерные, наиболее часто встречающиеся ошибки.

### *Экранированные и неэкранированные кабели*

Прежде всего разберемся в терминах. Наиболее понятен термин *UTP* (Unshielded Twisted Pair) cable. Это – неэкранированный кабель из неэкранированных витых (скрученных) пар. Другие аббревиатуры раскрыть сложнее... *STP* (Shielded Twisted Pair) cable означает, как правило, что экран имеется общий для всего кабеля. Примеры: кабели **SHIELDED Category 5** фирмы Mohawk, **1456A Shielded** фирмы Belden. Самое распространенное исключение – кабель IBM Type 1, у которого экран имеет каждая пара и есть общий экран двухпарного кабеля – оплетка проволокой. Кроме того, встречается сокращение *FTP* (Foiled Twisted Pair), которое означает, что каждая пара в кабеле в отдельности обмотана фольгой. Если при этом кабель также имеет оплеточный экран, то вся конструкция обозначается *S-FTP*. Произнося слова «экранированная витая пара», надо четко пояснять, какой кабель имеется в виду, иначе конструкция останется непонятой.

Обратите внимание, что общий экран кабеля бывает двух видов: *одинарный* – из проложенной вдоль охватывающей весь сердечник (все четыре пары) фольгированной пленки (в этом случае есть еще и медный луженый дренажный проводник) или же *двойной* – состоящий из фольгированной пленки плюс наложенной поверх нее луженой оплетки. Второй вид экрана прочнее и эффективнее, но в то же время толще, тяжелее и дороже.

Конструкции кабельных экранов имеют существенные отличия. Если экран выполнен из продольно наложенной фольгированной пленки, то она лежит обычно алюминиевой стороной внутрь, к сердечнику кабеля, и по этой же стороне прокладывают дренажный проводник. Если же поверх фольгированной пленки наложена еще оплетка, то в этом случае слой алюминия часто повернут наружу, и оплетка соприкасается с ним.

Экран из фольгированной полимерной пленки может выполняться с нахлестом или продольным швом типа кровельного. Иногда такой шов герметизируют путем сварки или склейки полимерной пленки. Как правило, в конструкцию экрана входит дренажная про-

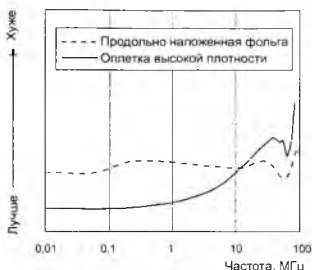


Рис. 6-8. Эффективность экранирования из продольно наложенной фольги и оплетки

волокна, проложенная для шунтирования порывов фольги, которые могут возникнуть при производстве работ.

Оплетка проволоками также имеет свои особенности: от ее плотности и других параметров зависят экранирующие свойства, по частотным характеристикам отличающиеся от экрана из фольги. По этой причине эффективно именно совместное использование фольги и оплетки. Рис. 6-8 демонстрирует эффективность экранирования из фольги и оплетки.

### Заделка кабелей в экранированные разъемы

Основная роль экранированного соединителя – обеспечить путь низкого сопротивления для тока, текущего от кабельного экрана к земле. Для этого кабельный экран должен тщательно заделываться вокруг корпуса соединителя (как это показано схематически на рис. 6-9), а не присоединяться кое-как «жгутиком» к экрану разъема. Следует помнить, что на частотах около 100 МГц такие «жгутики» и «хвостики» могут стать весьма существенным источником излучения из компьютерной проводки и, в свою очередь, значительным сборщиком помех.

Кстати говоря, для кабелей с экраном только из фольги (без бандажирующей оплетки) сделать сказанное выше – довольно непростая монтажная задача. Поэтому так часто и ограничиваются только присоединением к экрану разъема дренажной проволоки, а это вызывает излучение из сети. В настоящее время еще нет стандарта на единый 8-контактный экранированный модульный соединитель, и поэтому эффективность экранированных гнезд и разъемов разных фирм недостаточно обоснована. Не определена также долговременная работо-



Рис. 6-9. Принцип качественной заделки кабельного экрана в экранированном разъеме

способность совместного экрана «гнездо-разъем» при многократных соединениях-разъединениях, а также сохранность (целостность) кабельного экрана в месте заделки в экранированном соединителе. Многие хорошо знают, что именно это место (кабель-разъем) часто повреждается.

### **Правильно выполненное заземление**

Заземление аппаратуры бывает, как известно, «защитное» и «приборное». Первое выполняется для защиты персонала от случайных опасных напряжений на корпусах и экранах оборудования. А вот второе играет другую роль: оно должно снижать помехи в системе и внешние излучения. И если в области постоянного тока и низких частот роль заземления более или менее понятна, то на высоких частотах (а в данном случае речь идет о частотах не менее 100 МГц!) и при мощных импульсных помехах (лифты, сварка, люминесцентные лампы) его функции еще в достаточной мере не проработаны.

Приведем показательный пример. На частоте 100 МГц длина волны вдоль экрана составит около 2 м (при коэффициенте укорочения длины волны 1,5, обычном для кабелей с полиэтиленовой изоляцией). Следовательно, длина заземляющего провода должна быть много меньше половины длины волны (т. е. 1 м), чтобы не слишком излучать на этой частоте. Как видим, привычные заземления длинными проводами на этих частотах неэффективны. Обычно же в первую очередь обсуждают *сопротивление* заземления, а его длину и другие характеристики – во вторую очередь. Следует обратить внимание на распределение заземляющих проводов и заземлителей: от их расположения (ведь это антенная система!) может существенно меняться излучение из системы и ее помехозащищенность.

### ***Стандарты на экранированные системы***

Ситуация с экранированными проводками нашла отражение и в принятых в 1995 г. стандартах. Американский стандарт ANSI/TIA/EIA-568A их не поддерживает, в то время как европейский EN 50173 и международный IS 11801 признают, правда в качестве альтернативы. Если стандарты на неэкранированные кабельные системы «вылизаны» до блеска, то в части, касающейся экранированных проводок, они явно требуют доработки.

В стандартах практически не рассмотрены вопросы заделки и заземления соединителей, одни из наиболее важных при экранировке. На частотах 100 МГц и выше проблема защиты может приобрести совершенно самостоятельную роль. На взгляд авторов, к настоящему времени неэкранированные проводки Категории 5 проработаны значительно глубже, чем экранированные. Например, вопросы совместимости систем разных компаний продвинуты в проводках из неэкранированных кабелей достаточно хорошо, чего нельзя сказать об альтернативных системах с экранированными кабелями.

### ***Немного практики***

В мировой практике, в том числе и в России, проводки из неэкранированных кабелей в сетях получили в настоящее время большее распространение, чем проводки с экранированными кабелями. Опыт фирмы «Диалог-Сети», одной из первых в России начавшей монтаж структурированных кабельных систем SYSTIMAX, показывает, что в большинстве случаев легко достичь требуемых параметров помехозащитности и излучения на системах с неэкранированными кабелями. В критических же случаях проводки из оптических кабелей оказываются значительно эффективнее систем с экранированными кабелями.

### ***Резюме***

Разумеется, речь не должна идти о том, что от экранированных кабелей следует отказаться. Они свое еще послужат. Важно отдавать себе отчет в том, что возможности их применения в информационных сетях серьезно ограничены. Поэтому вкратце сформулируем основные соображения, которые необходимо принимать во внимание при проектировании информационных систем:

а) в высокочастотных кабельных системах (100 МГц и выше) существующие способы внешнего экранирования малоэффективны и нуждаются в доработке и стандартизации;

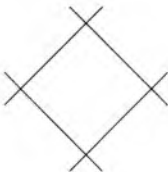
б) в случаях, когда требуется максимально исключить излучение из проводок, а также в случаях, когда проводка проложена в зоне

действия мощных магнитных полей (например, на металлургическом производстве), целесообразно рассмотреть возможность использования оптических кабелей, вплоть до оптики «к столу»;

в) в условиях отсутствия стандартов на экранированные кабельные проводки их применение приводит к снижению «открытости» информационной системы, потере гибкости, привязке к оборудованию одного производителя; тем самым не обеспечивается в должной мере защита инвестиций в информационную систему;

г) монтаж проводок из экранированных кабелей, включая прокладку самого кабеля и заземление, должен выполняться монтажниками самого высокого класса.

В случаях, когда требования на EMC-характеристики кабельной системы не выходят за рамки требований European EMC Directive, целесообразно использование проводок из незэкранированных кабелей.



# Гигабитная проводка

На последнем участке компьютерной сети – «последней стометровке» – гигабитные потоки можно передавать по незэкранированным витым парам, по экранированным витым парам и по оптическим волокнам. Проблема выбора состоит в том, что ни одна из указанных выше проводок не годится на все случаи жизни. Необходимо учитывать специфические свойства сети, а также структурные особенности и функции организаций, где сеть смонтирована.

В июне 2002 г. был утвержден стандарт на кабельные системы Категории 6. Этим подводился итог пятилетнему периоду становления гигабитной проводки. В данной главе рассмотрена высокоскоростная незэкранированная проводка, соответствующая стандартам Категорий 5е и 6. Все характеристики даны на примере структурированной кабельной системы SYSTIMAX.

## 7.1. Параметры

Нормальная работа медной проводки зависит от множества факторов, среди которых важное место занимают ее электрические характеристики – частотные зависимости параметров. Сами параметры делятся на две группы: параметры передачи и параметры влияния. К первой группе относятся параметры, определяющие условия передачи сигнала от передающего устройства к приемнику. Ко второй – параметры, описывающие взаимное влияние между парами, а также экранирование кабеля.

Обе группы параметров рассматриваются в рамках обширной и развитой теории линий связи, изложению которой в соответствующих монографиях уделяется около сотни страниц. Мы же обсудим здесь лишь элементарные основы, необходимые installatorам и пользователям локальных компьютерных сетей.

**Параметры передачи.** В качестве не зависящих от частоты параметров кабеля обычно указывают следующие: сопротивление на постоянном токе (DC resistance), емкость (capacitance) пары на частоте 1 кГц, скорость распространения (NVP – nominal velocity of propa-

gation), выраженную относительно скорости света. Например, для кабеля SYSTIMAX GigaSPEED 1071 значения этих параметров следующие: сопротивление одного провода пары 9,4 Ом/100м; емкость пары 5,6 нФ/100м; скорость распространения 0,69 скорости света (207 000 км/с). В последних документах нормируется перекос задержки (delay skew) – частотнозависимый параметр, но заданный как не зависящий от частоты (50 нс/100 м).

Другие параметры кабеля заданы как частотнозависимые и указываются в виде характеристик (performance). К частотнозависимым параметрам относятся: волновое сопротивление (impedance), погонное затухание (attenuation), задержка сигнала (delay) и структурные возвратные потери (structural return loss – SRL). Эти характеристики строго нормированы и задаются в табличном виде в стандартах и спецификациях.

Теперь рассмотрим характеристику, определяющую качество *тракта передачи*: возвратные потери (return loss – RL). Дело в том, что при высокоскоростной передаче важно согласование отдельных элементов тракта, мало влияющее при низких скоростях. Линия всегда содержит устройства, не очень хорошо согласованные с основным кабелем – соединители, панели переключений, шнуры, что и вызывает отражения сигнала. Чем лучше эти элементы согласованы, «пригнаны» друг к другу, тем меньше отражения сигнала они вызывают и тем меньше потери на отражение (тем больше в дБ возвратные потери – return loss).

В последних версиях стандартов на проводку вводятся требования как по структурным возвратным потерям (SRL) для *кабеля*, так и по возвратным потерям (RL) для всего *тракта*. В частности, для трактов Категории 5е минимальные требования по возвратным потерям выглядят так:

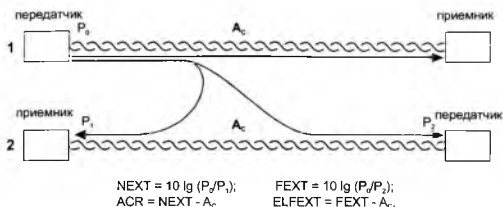
$$RL = 17 - 10 \lg (f/20), \text{ дБ (где } f - \text{ частота, от 20 до 100 МГц).}$$

Для тракта Категории 6 эта характеристика выражается следующим соотношением:

$$RL = 19 - 10 \lg (f/20), \text{ дБ (от 20 до 250 МГц).}$$

Обратим внимание, что если SRL обусловлен технологией кабелей на заводе-изготовителе, то характеристика RL в первую очередь зависит от правильного подбора компонентов проводки, а затем – от качества монтажных работ на объекте.

**Параметры влияния.** К параметрам влияния между двумя парами относятся: переходное затухание на ближнем конце (NEXT – near



где  $P_0$  - мощность сигнала на ближнем конце пары 1 (влияющей);  
 $P_1$  - мощность помехи, перешедшей на ближний конец пары 2;  
 $P_2$  - мощность помехи, перешедшей на дальний конец пары 2;  
 $A_c$  - собственное затухание пары (дБ).

Рис. 7-1. Определение параметров влияния для двух пар

end crosstalk); переходное затухание на дальнем конце (FEXT – far end crosstalk), защищенность на ближнем конце (ACR), защищенность на дальнем конце (ELFEXT). Определение этих параметров дано на рис. 7-1.

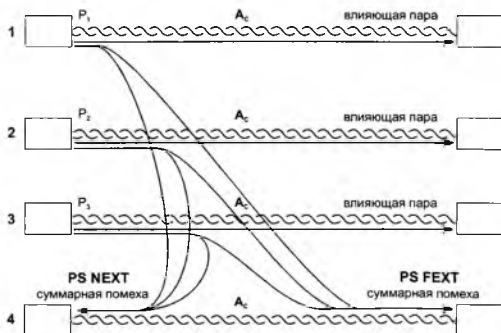


Рис. 7-2. Схема образования суммарных помех на концах линии



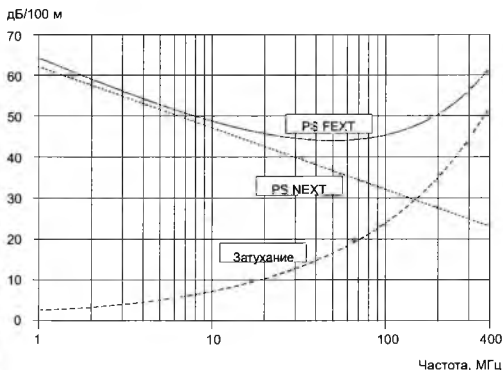
В четырехпарном кабеле учитывают влияние на пару, подверженную влиянию, остальных трех пар. Для этого берут суммарную мощность (PowerSum) помехи, наведенной от трех пар. Такие параметры имеют приставку PS. Схема образования суммарной помехи (с указанием параметров влияния) представлена на *рис. 7-2*.

Остальные два параметра (PS ACR и PS ELFEXT) рассчитываются аналогично тому, как это изложено для двухпарного случая:

$$PS\ ACR = PS\ NEXT - A_c, \quad PS\ ELFEXT = PS\ FEXT - A_c.$$

Оценочные графики частотных зависимостей некоторых параметров кабеля, рассмотренных выше, даны на *рис. 7-3*. Проанализируем эти характеристики. Затухание, как следует из теории, растет почти пропорционально корню квадратному из частоты. Суммарное переходное затухание на ближнем конце (PS NEXT) между парами кабеля представляет собой в полулогарифмическом масштабе практически прямую линию, снижающуюся с ростом частоты.

Интересно ведет себя суммарное переходное затухание на дальнем конце кабеля (PS FEXT): с ростом частоты сначала оно падает (как PS NEXT), на частотах 20–100 МГц меняется мало, а выше



*Рис. 7-3. Сглаженные характеристики четырехпарного кабеля Категории 5e*

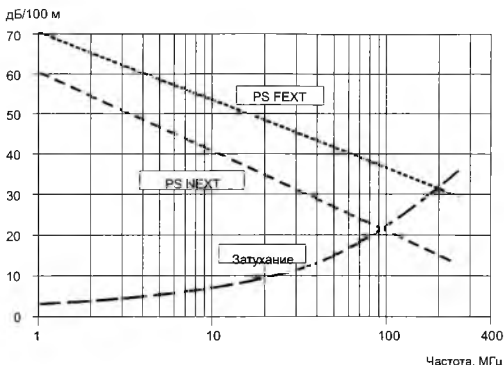


Рис. 7-4. Основные характеристики тракта (Channel) Категории 6

100 МГц увеличивается как (примерно) затухание. Как мы видим, поведение PS FEXT круто изменяется выше частоты 100 МГц, граничной для кабельных систем Категории 5е. Следует иметь в виду, что параметр PS FEXT очень важен при параллельной четырехпарной передаче в дуплексном режиме, например – в сети Gigabit Ethernet.

Сглаженные частотные зависимости основных параметров собранного тракта Категории 6 показаны на рис. 7-4.

## 7.2. Стандарты

Первый стандарт на кабельные системы EIA/TIA-568 был выпущен в 1991 г. В нем формулировались технические требования только на кабели и соединители в полосе до 16 МГц – требования ко всему тракту в стандарте не определялись. Затем, в 1995 г. вышла вторая версия этого стандарта (TIA/EIA-568-A), в которой закреплены требования к проводке Категории 5, с полосой 100 МГц. На пути от первой до второй версий характеристики тракта мучительно вырабатывались, что видно из технических бюллетеней TSB 36, TSB 40A, TSB 67 и др.

Примерно в это же время впервые создались условия для выпуска стандарта на более широкополосную проводку, получившую впоследствии название Категория 6. К настоящему времени принят окончательный вариант той части стандарта, где заданы требования на проводку Категории 6, под шифром TIA/EIA-568-B.2-1 и с названием Transmission performance specifications for 4-pair 100Ω Category 6 cabling (Спецификации на характеристики передачи 4х-парной 100-Омной проводки Категории 6).

### *Основные новшества в стандарте*

Первое нововведение – тестовая конфигурация Basic Link («базовая линия») заменена на Permanent Link («проброс»). Главное, из-за чего пришлось вводить новую тестовую конфигурацию – трудности с учетом оконечных шнуров. Очевидно, современные компьютеризованные тестеры позволяют учесть оконечные шнуры при первоначальной калибровке.

Следующее новшество – основное представление стандартных требований в виде уравнений (ранее упор делали на табличное выражение). Таблицы параметров также приведены в стандарте, но только как справочные. Вызвано такое изменение тем же самым: современные анализаторы кабельных систем вычисляют и строят графические зависимости по аналитическим выражениям легко и просто. Разумеется, графическая форма представления параметров нагляднее, чем табличная. В качестве примера приведу выражение для максимально допустимых потерь в кабеле Категории 6:

Insertion Loss  $\leq 1,808\sqrt{f} + 0,017f + 0,2/\sqrt{f}$  (дБ), где  $f$  – частота (МГц).

В новом стандарте сделан основательный упор на параметр EL-FEXT (защищенность на дальнем конце – определение этого и других параметров см. выше). Потребность в такой характеристике впервые возникла в связи с внедрением параллельной передачи по всем четырем парам проводов. Напомним, что предыдущие попытки введения этого параметра имели место при освоении 100VG-AnyLAN и 100Base-T4 (Fast Ethernet с параллельной передачей по четырем парам Категории 3). Оба протокола пошли в жизнь плохо, и интерес к EL-FEXT слегка поугас. Но с появлением стандарта 1000Base-T (который правильнее было бы назвать 1000Base-T4) внимание к характеристике защищенности линии связи на дальнем конце вновь возродилось и даже усилилось.

Отметим, что при параллельной передаче по всем четырем парам более актуальной является характеристика «суммарная защищен-

ность на дальнем конце» (PS ELFEXT), так как при таком способе передачи помехи собираются с трех влияющих пар на четвертой, подверженной влиянию. Поэтому характеристика PS ELFEXT наиболее полно представлена именно в этом стандарте. Если впоследствии будет реализована передача в каждую сторону только по двум парам, снова более актуальной станет ELFEXT.

В новом стандарте отсутствуют требования по защищенности на ближнем конце – знаменитый ACR, кочевавший ранее по всем публикациям. Очевидно, было решено, что его можно найти, вычтя из переходного затухания (NEXT loss) вносимые потери (insertion loss). В то же время заняла свое законное место норма по суммарному переходному затуханию на ближнем конце (PS NEXT), очень важная при дуплексной передаче.

### *Другие особенности стандарта*

Основные характеристики в стандарте заданы для четырех видов продукции: кабелей, соединителей, проброса (permanent link) и тракта (channel). Таблицы параметров приведены для кабеля длиной 100 м, проброса – 90 м и тракта – 100 м (Проброс состоит из горизонтального кабеля и двух соединителей на концах).

Принципиальная разница между пробросом и трактом состоит в следующем. Пробросы монтирует и испытывает компания, сдающая заказчику смонтированную в здании капитальную часть проводки. В свою очередь, тракты испытывает та же или другая компания, которая сдает заказчику полную кабельную систему, со всеми кроссами, панелями, шнурами, со всей необходимой и обширной документацией. Следующей стадией работ обычно бывает тестирование локальной сети, включающей активное оборудование – концентраторы, коммутаторы, серверы, рабочие станции, принтеры, сканеры и др. При заключении контракта эти стадии должны быть четко разделены – иначе неизбежны массовые выяснения того, что уже протестировано из оборудования, а что еще требует окончательных испытаний и оформления документации.

В данном стандарте намного подробнее, чем в предыдущих, заданы требования на возвратные потери (return loss) всех элементов тракта: горизонтального кабеля, гибкого кабеля со скрученными многопроволочными проводниками, соединителя, соединительного шнура, тракта и проброса. Частично эти характеристики представлены в *табл. 7-1* и *7-2*.

Еще два обязательных требования стандарта – задержка распространения и перекос задержки. Для кабеля эти параметры приведены в *табл. 7-3*.

Таблица 7-1. Возвратные потери кабелей Категории 6

| Частота, МГц         | Возвратные потери горизонтального кабеля (дБ/100 м) | Возвратные потери гибкого кабеля (дБ/100 м) |
|----------------------|---|---|
| $1 \leq f < 10$      | $20 + 5 \lg(f)$                                     | $20 + 5 \lg(f)$                             |
| $10 \leq f < 20$     | 25  | 25  |
| $20 \leq f \leq 250$ | $25 - 7 \lg(f/20)$                                  | $25 - 8,6 \lg(f/20)$                        |

Таблица 7-2. Возвратные потери проводки Категории 6

| Частота, МГц         | Возвратные потери тракта (дБ) | Возвратные потери проброса (дБ) |
|----------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| $1 \leq f < 20$      | 19                            | 19                              |
| $20 \leq f \leq 250$ | $19 - 10 \lg(f/20)$           | $19 - 7 \lg(f/20)$              |

Таблица 7-3. Задержка распространения для кабеля Категории 6

| Частота, МГц | Макс. задержка, нс / 100 м | Мин. скорость распространения, % | Макс. перекося задержки, нс / 100 м |
|--------------|----------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| 1            | 570                        | 58,5                             | 45                                  |
| 10           | 545                        | 61,1                             | 45                                  |
| 100          | 538                        | 62,0                             | 45                                  |
| 250          | 536                        | 62,1                             | 45                                  |

Максимальная задержка при распространении для тракта Категории 6 на частоте 10 МГц должна быть не более 555 нс, для проброса – не более 498 нс. Максимальный перекося задержки для тракта Категории 6 должен быть не более 50 нс, для проброса – 44 нс.

### 7.3. Характеристики

С переходом к гигабитным сетям параметры проводки усложнились, а их набор увеличился. К традиционным: затуханию (attenuation), переходному затуханию на ближнем конце (NEXT loss) и защищенности на ближнем конце (ACR) добавились переходное затухание на дальнем конце (FEXT loss) и защищенность на дальнем конце (ELFEXT). Кроме того, из-за применения четырехпарной передачи для 1000 Base-T Gigabit Ethernet потребовалось все параметры представлять в суммарном выражении как влияние трех пар на четвертую (Power Sum).

Ниже основное внимание уделено характеристикам передачи – волновому сопротивлению (characteristic impedance) и его регулярности, а также возвратным потерям (return loss) и вносимым потерям (insertion loss). Кратко рассмотрены характеристики влияния (PS NEXT и PS ELFEXT).

### *Нерегулярности в тракте*

С ростом скоростей передачи все большее воздействие оказывают неоднородности тракта и связанные с ними параметры – регулярность волнового сопротивления пар (выраженная через структурные возвратные потери) и отражения от соединительных устройств. Стандарты на компьютерную проводку не описывают пространственные неоднородности входящих в тракт кабельных изделий – это не их задача, зато они формируют требования к структурным возвратным потерям кабелей и к возвратным потерям соединительных устройств, а также всего тракта. В стандартах не указывается частотная структура возвратных потерь компонентов, поскольку она зависит от оборудования, на котором изготавливают кабели, и от конструкции соединительных устройств. Но общий ход частотных зависимостей этого параметра для различных элементов стандартами определен довольно строго, и производители, как правило, стремятся эти требования к кабелям, шнурам и соединителям выполнить.

Рассмотрим трудности, возникающие при определении параметров передачи скоростных кабельных трактов. Надо иметь в виду, что такие тракты содержат большое число разнородных элементов, соединенных в линию, работающую в очень широком диапазоне частот. Тракт (channel) локальной сети состоит из горизонтального кабеля длиной до 90 м, нескольких соединителей (до четырех) и шнуров (до трех) общей длиной до 10 м. Сигнал, передаваемый по тракту, не только затухает по ходу распространения, но и отражается в точках соединений, а также в самом кабеле.

На рис. 7-5 показано разного размера стрелками, что в местах соединений сигнал претерпевает довольно большие отражения, а в



Рис. 7-5. Виды отражений сигналов в тракте

длинном горизонтальном кабеле – намного меньшие. Однако интегральный эффект отражений в кабеле зачастую превышает суммарные отражения от соединителей.

В стандарты на проводку введены требования к возвратным потерям для всех компонентов: соединителей, шнуров и горизонтального кабеля. Нормирование возвратных потерь для всего тракта в стандартах также имеется, и оно складывается из норм на компоненты, входящие в тракт.

Внутри длинного кабеля отражения возникают от структурных неоднородностей: неравномерного диаметра проводов, непостоянства шагов скрутки пар, крутых изгибов при прокладке и др. На нижних частотах (до  $\sim 20$  МГц) этот эффект довольно слабый из-за того, что длина волны достаточно велика, по сравнению с длиной линии. Следовательно, количество отражений на длине 100 м относительно невелико и результирующие структурные возвратные потери небольшие. С ростом частоты до 100 МГц и выше число действующих нерегулярностей, в связи с укорочением длины волны, увеличивается, и эффективность отражений возрастает. Особенно сильно потери на отражение проявляются для кабелей Категории 6, рабочий диапазон которых расширяется до 250 МГц, поэтому и требования к конструктивным элементам кабелей новых Категорий резко повышаются. Это означает, что диаметр накладываемой на провод изоляции должен быть значительно стабильнее, а скрутка пар должна производиться более равномерно, чем у кабелей Категории 5е. Повышенные требования выдвигаются при скрутке пар в сердечник, а также при наложении защитной оболочки. Определенные ограничения выдвигаются при прокладке таких кабелей, чтобы уменьшить отражения от изгибов.

Структурные возвратные потери (SRL) кабеля суммируются с потерями на отражение соединительных устройств, что приводит к увеличению общих возвратных потерь (RL) передающего тракта. График суммарных возвратных потерь представляет собой сильно изрезанную кривую, пример которой изображен на рис. 7-6. Видно, что на нижних частотах кривая не менее изрезана, чем на верхних. Изрезанность на нижних частотах вызвана в основном отражениями от соединителей, в то время как на верхних она обусловлена внутренними отражениями в кабеле. Обратим внимание, что амплитуда изрезанности кривой уменьшается с ростом частоты – это обусловлено увеличением затухания волны в кабеле при распространении. Для кабелей Категории 5е данный эффект проявляется еще в слабой мере, но для кабелей Категории 6 явление насыщения проявляется полностью.

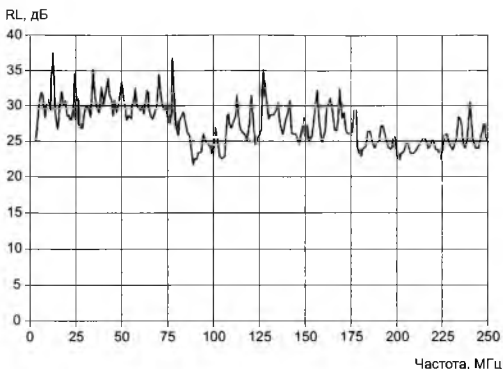


Рис. 7-6. Возвратные потери тракта SYSTIMAX GigaSPEED

Если на кривой возвратных потерь хорошо видна гармоническая составляющая, это значит, что какие-то две нерегулярности особенно велики (на рис. 7-6 это видно). Наиболее частую периодичность вызывают два соединителя, расположенные далеко друг от друга, например – соединения горизонтального кабеля с розеткой и кросс-панелью. В то же время длинные «волны» на графике возвратных потерь обычно обусловлены нерегулярностями, находящимися близко (соединения на концах одиночного шнура).

### ***Волновое сопротивление пар***

В стандартах на структурированные кабельные системы волновое сопротивление витых пар задано в пределах  $100 \pm 15\%$  (Ом). Заметим, что этот параметр в теории определен для сечения пары, а фактически – на небольшом ее отрезке (до  $1/8$  длины волны) и зависит от частоты. Прямо измерить волновое сопротивление реального кабеля невозможно, т. к. он обладает существенной неоднородностью, и поэтому прибегают к косвенным методам – измеряют входное сопротивление (input impedance) и уже через него определяют волновое сопротивление.



В кабелях связи для измерений волнового сопротивления традиционно используется метод холостого хода и короткого замыкания (ХХ и КЗ). При этом методе дважды измеряют *входное* сопротивление – при ХХ и КЗ на выходе линии, а *волновое* сопротивление вычисляют как  $Z_v = \sqrt{(Z_{xx} \cdot Z_{кз})}$ . Этот метод был достаточно хорош раньше, при низких частотах (примерно до 20 МГц). При высоких частотах (до 100 МГц и выше) начинают играть роль нерегулярности волнового сопротивления витых пар, описанные в предыдущем разделе, что приводит к большим ошибкам нахождения волнового сопротивления через измерения входного.

Попробуем разобраться в причинах ошибок. Из-за нерегулярностей кривая входного сопротивления на верхних частотах становится сильно изрезанной, и выделить из нее собственно волновое сопротивление крайне сложно. Попытки это осуществить делались неоднократно, но об окончательных результатах говорить рано. Нахождение волнового сопротивления по измерениям входного в нижней части диапазона не представляет особых трудностей – можно применить так называемое «сглаживание», т.е. выделение некоего текущего среднего значения. Попытки применить «сглаживание» в верхней части рабочего диапазона пока успехами не увенчались. До сих пор относительно неплохо удается измерить только входное сопротивление тракта, а не импеданс.

Что же делать для точного нахождения волнового сопротивления кабельных изделий?

Поскольку описанный выше способ на высоких частотах явно непригоден, рекомендуем применить известный метод, используемый для оценки параметров радиочастотных кабелей. Прием состоит в определении волнового сопротивления по результатам измерений емкости пары и ее электрической длины. К сожалению, этот метод довольно трудоемкий, плохо поддается автоматизации и поэтому не получил широкого распространения.

### ***Потери и задержка сигнала***

Сигнал, распространяясь по тракту, теряет свою энергию. Процесс уменьшения амплитуды сигнала при передаче от начала линии к концу называется затуханием (или ослаблением) и обозначается английским термином attenuation. На нижних частотах рабочего диапазона (до ~ 50 МГц) потери сигнала при передаче почти совпадают с собственным затуханием кабельного тракта. При переходе к более высоким частотам (до 100 МГц и выше) потери обуславливаются не только собственным затуханием, но и отражениями в тракте, рас-

Вносимые потери, дБ

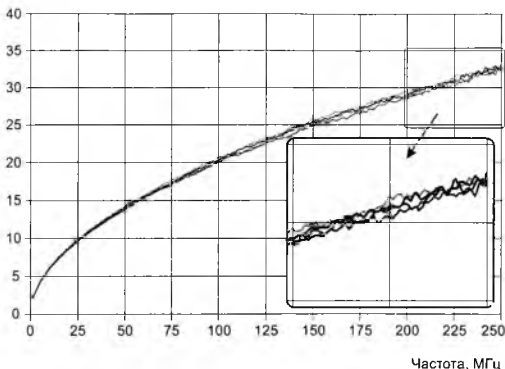


Рис. 7-7. Вносимые потери тракта SYSTIMAX GigaSPEED

смотренными в предыдущих разделах. Этот процесс меняет плавный («гладкий») ход кривой затухания на слегка извилистый, что хорошо видно на рис. 7-7. Стандарты это уже отметили: в их новых версиях термин *attenuation* заменяется на *insertion loss* (вносимые потери), который учитывает добавку потерь на отражение. В простой, не совсем верной трактовке, вносимые потери равны сумме затухания и потерь на отражение. По графикам рис. 7-7 мы видим, что из-за отражений в тракте общие потери слегка увеличиваются, по сравнению с регулярной парой, а сама кривая приобретает довольно извилистый характер.

Согласно стандартам, нормируется задержка сигнала в линии. На задержку сигнала влияют длина пары, ее шаг скрутки и, в небольшой мере, регулярность. Норма на задержку в тракте составляет 555 нс, а на перекося задержки – 50 нс, что легко выполняется в современных кабельных трактах. При еще больших скоростях передачи, возможно, этот параметр приобретет критический смысл. В настоящее время обычный разброс задержек в парах составляет 10–12 нс между крайними значениями.

PS NEXT, дБ

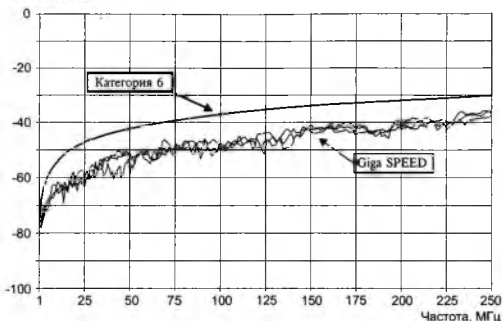


Рис. 7-8. Суммарное переходное затухание на ближнем конце (PS NEXT) для трех трактов (channel) SYSTIMAX GigaSPEED

PS ELFEXT, дБ

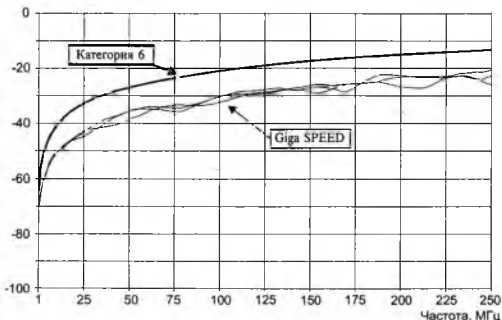


Рис. 7-9. Суммарная защищенность на дальнем конце (PS ELFEXT) для трех трактов (channel) SYSTIMAX GigaSPEED

### **Характеристики влияния**

Требования Категории 6 по PS NEXT и PS ELFEXT для тракта показаны в виде графиков на *рис. 7-8 и 7-9*. Там же приведены частотные характеристики этих параметров для трактов SYSTIMAX GigaSPEED, состоящих из кабеля 1071, модульного гнезда MGS300, панели переключений PatchmaxGS и соединительных шнуров D8GS. Тракты имеют длину 100 м и содержат 4 соединителя, а по характеристикам значительно превышают требования Категории 6.

Поскольку продукция SYSTIMAX GigaSPEED выпускается в течение нескольких лет, можно заключить, что ведущие производители уже достигли и превзошли на серийной продукции уровень, установленный Категорией 6.

### **7.4. Испытания**

Цикл создания крупной кабельной системы обычно состоит в следующем. Сначала, базируясь на одном из стандартов: ISO/IEC 11801, EN 50173 или ANSI/TIA/EIA-568-B, готовят эскизный проект. Далее, используя СНИПы (Строительные нормы и правила), с учетом других стандартов (в США – EIA/TIA 569, 606, 607) разрабатывают более подробный проект, называемый рабочим. Затем приступают к монтажу: осуществляют прокладку кабелей, установку розеток, другого соединительного и кроссового оборудования.

В процессе монтажа проводят полевые испытания кабельной системы при помощи кабельных тестеров (анализаторов). На этой стадии смонтированную и протестированную проводку уже можно сертифицировать по всем правилам, чтобы получить гарантии производителя кабельных систем на срок 15–20 лет. Испытания компьютерной проводки следует выполнять периодически и в процессе эксплуатации, чтобы убедиться в ее соответствии стандарту. Таким образом обеспечивается жизненный цикл кабельной системы.

### **Особенности монтажа проводки**

Наиболее трудоемкая часть проводки – это горизонтальные пробросы (четырепарные кабели длиной до 90 м, с двумя соединителями на концах). В новых зданиях пробросы прокладывают во время строительства, а в старых – при реконструкции и капитальном ремонте. В это время выполняется наибольший объем дорогостоящих работ – штробирование стен, монтаж коробов, пробивка отверстий в стенах и потолках и т.д. Поэтому так высока ответственность прокладки пробросов, особенно в исторически ценных зда-

ниях: любое несоответствие стандартам, любые ошибки при трассировке ведут к большому дополнительному объему трудоемких строительно-монтажных работ, а иногда приводят к срыву графика строительства и даже сроков сдачи объекта.

Именно в этот период столь ответственные работы ведутся в самых сложных условиях: в зданиях, где во время строительства часто присутствуют грязь, пыль, не очень хорошее освещение, иногда – в обстановке аврала. Если ошибки строительных рабочих обычно видны невооруженным глазом и тут же исправляются, то погрешности при прокладке кабелей и установке розеток в стенах могут быть выявлены, как правило, когда кабели присоединены к розеткам и пробросы становятся доступными для тестирования приборами.

По изложенным причинам маркировка, а затем и тестирование проводки приобретают большое значение. При маркировке кабели часто перепутывают; иногда вообще отсутствует соответствующая маркировка. Тестирование, случается, выявляет, что длины горизонтальных кабелей превышают допустимый по стандартам предел (90 м). Бывает ошибочно проложен не тот тип кабеля, смонтированы розетки не той Категории или они неправильно разведены.

Поэтому столь большая ответственность лежит на испытателях кабельных систем, обычно – сертифицированных монтажниках или инженерах. При тестировании они пользуются приборами, специально предназначенными для испытаний кабельных систем, – кабельными тестерами или кабельными анализаторами. Далее речь пойдет в основном о стандартах для испытаний компьютерных проводок и о приборах – кабельных тестерах.

### ***Стандарты тестирования***

До недавнего времени при полевых испытаниях высокоскоростной проводки обычно пользовались американским нормативным документом TIA TSB 67, так как других не было. В многочисленных статьях, а также в книгах упор делается на него, хотя TSB 67 даже не является стандартом США. В последние годы появились новые стандарты, которые целиком или частично посвящены вопросам тестирования скоростных кабельных систем.

Испытаниям кабельных систем Категорий 5 и 5е посвящены разделы в главах 5 и 6. В этих разделах затронуты проблемы тестирования высокоскоростных компьютерных проводок, отраженные в американских стандартах. Подобный международный стандарт IEC 61935-1 принят в 2000 г. и называется Generic cabling systems – Spe-

cification for the testing of balanced communication cabling in accordance with ISO/IEC 11801-Part 1: Installed cabling (Общие кабельные системы. Спецификация для тестирования симметричной связной проводки в соответствии с ISO/IEC 11801. Часть 1: Инсталлированная проводка).

Международный стандарт на испытания проводки – обширный документ: в нем 60 страниц убогистого текста, множество формул, 21 рисунок и 9 таблиц. При чтении кажется, что документ сильно перегружен различными аналитическими выражениями; в то же время в стандарте явно ощущается нехватка практических советов. Изучать его все же необходимо: этим стандартом придется пользоваться во время испытаний кабельных систем в Европе – он принят и как Евростандарт организацией CENELEC (Комитет европейской стандартизации в области электротехники). Можно высказать уверенность, что все кабельные тестеры в ближайшие годы будут приведены в соответствие с этим стандартом.

В стандарте IEC 61935-1 имеется две схемы линий для испытаний: «проброс» (permanent link) и «тракт» (channel). Обратим внимание, что традиционной для прежних стандартов схемы «базовой линии» (basic link) в этом стандарте нет. Справочная (Reference) схема проброса и тракта дана на *рис. 7-10*.

*Проброс* состоит из горизонтального кабеля и двух соединителей на концах. *Тракт* состоит из проброса, двух шнуров к электронному оборудованию (сетевому – слева и оконечному – справа по *рис. 7-10*) и соединительного (кроссового) шнура в этажном распределителе (концевые соединители в тракт не входят). Горизонтальный кабель должен иметь длину до 90 м; шнуры в сумме не должны превышать 10 м. Для испытаний именно таких линий и должны быть пригодны все новые кабельные тестеры. Такие же схемы для испытаний имеются в последнем американском стандарте на проводку Категории 6 TIA/EIA-568-B.2-1.

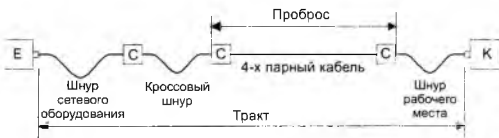


Рис. 7-10. Справочная схема проброса и тракта

### *Кабельные тестеры*

И раньше нам приходилось осваивать кабельные тестеры. С 1995 г., когда приступили к массовым испытаниям проводки Категории 5, в основном пользовались приборами PentaScanner компании Microtest и DSP-100 компании Fluke, о чем достаточно подробно рассказано в *главах 5 и 6*.

В 2000 г., во время изучения стандартов на кабельные системы Категорий 5е и 6, довелось осваивать кабельные анализаторы DSP-2000 и DSP-4000 компании Fluke. Поразительный прогресс наблюдается в этой отрасли приборостроения за 5 лет, причем как в методиках измерений, так и в сервисной части. Тестеры достигли такого уровня точности и удобства работы с ними, о которых раньше можно было только мечтать. По существу, один такой прибор представляет собой целую испытательную лабораторию, автоматически выполняющую измерительные процедуры. В финале можно подготовить, отредактировать и распечатать полный или частичный отчет об испытаниях, даже с элементами статистической обработки. Протоколы тестирования хранятся в памяти прибора, с указанием даты, места и времени испытаний. Кое-кто может подумать, что мы говорим о незначительных вещах, но многолетний опыт массовых испытаний кабельной продукции показал их первостепенную важность.

Каждый прибор состоит из двух блоков – основного и дополнительного, поэтому многие тесты выполняются с обоих концов линии. Типовые испытания «базовых линий» (basic link) и «трактов» (channel) делают в режиме AUTOTEST. Появилась информация о выпуске к тестеру DSP-4000 дополнительного адаптера для измерений параметров «проброса» (permanent link), в соответствии с требованиями упомянутых выше стандартов. Испытания в автотесте – полностью автоматические измерения всех параметров и характеристик, с возможностью запоминания результатов и распечатки протоколов.

Объем информации с одного тестирования настолько большой, что описать его полностью нет никакой возможности. В памяти прибора, на хранении остаются протоколы автотестирования, а также графики и характеристики последнего испытания. Если нет необходимости выполнять полный набор испытаний, можно перейти в режим одиночных тестов (Single Test), и тогда есть возможность подробно заниматься одним или несколькими параметрами. Наиболее познавательно в этом положении переключателя режимов рассматривать характеристики TDX и TDR. Первая показывает места перехода помех с пары на пару, а вторая дает импульсную рефлектограмму по длине линии. Прибор имеет также режим работы, при котором мож-

но выполнять отладку линии, поиск неисправностей в ней. В этом режиме измерения производятся периодически, каждые несколько секунд, так что можно успеть за это время обнаружить и устранить неисправность. Правда, этот способ работы очень энергоемкий, и пользоваться им в полевых условиях нужно в самых острых случаях.

Интересная особенность обоих приборов – они показывают наименьший запас по каждому параметру (MARGIN) и наименьший запас по самому критическому параметру (HEADROOM). Не вдаваясь в подробности: HEADROOM – это тот минимальный «просвет», который отделяет испытываемую линию от брака, от того, чтобы выскочить за пределы стандарта. Тестер DSP-4000 указывает, какой именно параметр находится на грани срыва, а DSP-2000, к сожалению, не показывает, и приходится находить этот параметр самому испытателю.

### ***Краткий протокол автотеста***

Приступаем к тестированию линии. Основной блок тестера оставляем на ближнем ее конце, а дополнительный блок относим на дальний конец. С помощью шнуров присоединяем оба блока к линии. Включаем прибор в режиме AUTOTEST и давим на кнопку Test. За 20...30 секунд тестер выполняет полное автоматическое испытание линии по всем стандартным параметрам.

Во время автотеста прибор «пощелкивает» и мигает лампочками, но полученных данных не демонстрирует, а только дает ответ на вопрос: проходит или не проходит линия по всем требованиям установленного стандарта. Чтобы результаты испытаний отразились на дисплее прибора, надо нажать соответствующую кнопку, после чего они появляются либо в виде колонки цифр, либо в виде графика, со всеми необходимыми надписями.

После каждого испытания линии в режиме AUTOTEST прибор содержит очень много данных, которые можно вывести на печать. Основные же цифры, характеризующие проводку, сохраняются в энергонезависимой памяти и умещаются на одну страницу формата A4. Таких коротких протоколов в приборе может храниться около 500, в зависимости от объема информации в каждом. Эти протоколы можно просматривать, редактировать, распечатывать подряд или по выбору, удалять из памяти тестера.

Теперь распечатаем краткий протокол и рассмотрим его. Вверху протокола (рис. 7-11) находится «шапка», состоящая из двух колонок. В левой колонке печатается обозначение тестируемой линии, наименование компании, фамилия оператора, дополнительные данные об испытаниях. В правой колонке представлены основные сведения о



Cable ID: Basic link

Test Summary: PASS

AVAYA - DKB RP

HEADROOM: 3.8 dB (NEXT 34-45)

SITE: MOSCOW MYTISCHI

Date / Time: 19-12-2000 17:48:25

OPERATOR: DAVID GALPEROVICH

Test Standards: Lucent Gigaspeed

Standards Version: 3.2

Cable Type: UTP 100 Ohm Gigaspeed

Software Version: 3.2

FLUKE DSP-4000 S/N: 7561005 LIA021

NVP: 69,0% FAULT ANOMALY THRESHOLD:

FLUKE DSP-4000SR S/N: 7561005 LIA021

SHIELD TEST: N/A

Wire Map PASS

Result RJ45 PIN:

1 2 3 4 5 6 7 8

1 1

RJ45 PIN:

1 2 3 4 5 6 7 8

| Pair | Length (m) | Prop. Delay (ns) | Delay (ns) | Resistance (ohms) | Impedance (ohms) | Attenuation (dB) | Attenuation Result Freq. (MHz) | Limit (dB) |
|------|------------|------------------|------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------------------|------------|
| 12   | 34,3       | 94,0             | 165 555    | 5 50              | 109 80-120       | 11,7             | 250,0                          | 36,0       |
| 36   | 33,3       | 94,0             | 165 555    | 5 50              | 112 80-120       | 12,4             | 250,0                          | 36,0       |
| 45   | 34,1       | 94,0             | 165 555    | 5 50              | 109 80-120       | 12,0             | 250,0                          | 36,0       |
| 78   | 33,3       | 94,0             | 165 555    | 5 50              | 111 80-120       | 12,6             | 249,5                          | 35,9       |

| Worst results |        |              |       | Remote results |        |              |       |
|---------------|--------|--------------|-------|----------------|--------|--------------|-------|
| Result        | Margin | Limit        | Value | Result         | Margin | Limit        | Value |
| Result Freq.  | Limit  | Result Freq. | Limit | Result Freq.   | Limit  | Result Freq. | Limit |
| RETURN LOSS   |        |              |       |                |        |              |       |
| 12            | 21,2   | 80,9         | 13,0  | 18,3           | 239,5  | 8,2          | 26,9  |
| 36            | 19,1   | 85,6         | 12,7  | 19,1           | 85,6   | 12,7         | 11,3  |
| 45            | 17,0   | 86,4         | 12,6  | 16,7           | 250,0  | 8,0          | 16,5  |
| 78            | 19,3   | 27,8         | 18,5  | 19,3           | 22,8   | 18,5         | 20,5  |
| PSNEXT        |        |              |       |                |        |              |       |
| 12            | 49,9   | 43,2         | 38,7  | 31,3           | 41,1   | 34,7         | 38,5  |
| 36            | 35,9   | 30,2         | 35,9  | 30,2           | 36,9   | 30,9         | 36,9  |
| 45            | 40,7   | 34,9         | 36,5  | 30,4           | 36,6   | 30,3         | 36,6  |
| 78            | 40,8   | 32,6         | 40,3  | 31,0           | 41,1   | 35,4         | 37,0  |
| PSACR         |        |              |       |                |        |              |       |
| 12            | 58,6   | 45,2         | 27,9  | 58,4           | 45,1   | 27,6         | 58,4  |
| 36            | 46,7   | 45,3         | 23,7  | 46,4           | 45,1   | 25,5         | 46,4  |
| 45            | 58,8   | 45,1         | 24,8  | 59,0           | 45,1   | 24,8         | 59,0  |
| 78            | 73,0   | 57,1         | 28,6  | 68,1           | 51,8   | 25,1         | 68,1  |
| NEXT          |        |              |       |                |        |              |       |
| 12-36         | 39,7   | 33,3         | 39,7  | 33,3           | 39,1   | 34,0         | 39,1  |
| 12-45         | 42,2   | 37,8         | 42,2  | 37,8           | 42,7   | 37,8         | 42,7  |
| 12-78         | 44,9   | 38,2         | 44,9  | 38,2           | 44,6   | 38,3         | 41,6  |
| 36-45         | 37,2   | 33,4         | 37,2  | 33,4           | 39,7   | 34,9         | 39,7  |
| 36-78         | 53,8   | 45,2         | 44,7  | 33,5           | 44,8   | 38,3         | 40,9  |
| 45-78         | 41,7   | 35,3         | 41,7  | 35,2           | 38,4   | 33,2         | 38,4  |
| ACR           |        |              |       |                |        |              |       |
| 12-36         | 72,5   | 53,7         | 27,8  | -9             | 72,7   | 54,4         | 27,9  |
| 12-45         | 58,8   | 47,6         | 31,4  | 1,1            | 59,1   | 47,6         | 32,2  |
| 12-78         | 55,7   | 41,0         | 34,6  | 1,3            | 60,1   | 54,2         | 31,5  |
| 36-45         | 62,3   | 43,8         | 25,7  | -5             | 60,6   | 61,7         | 48,3  |
| 36-78         | 61,1   | 47,5         | 37,1  | -1,3           | 61,6   | 47,6         | 29,5  |
| 45-78         | 69,3   | 43,2         | 36,2  | -1,2           | 69,9   | 43,6         | 26,5  |
| ELFEXT        |        |              |       |                |        |              |       |
| 12-36         | 28,9   | 18,4         | 28,6  | 18,5           | 25,4   | 18,6         | 29,2  |
| 12-45         | 26,2   | 16,6         | 25,7  | 15,2           | 26,2   | 16,6         | 25,9  |
| 12-78         | 23,8   | 15,9         | 23,8  | 15,9           | 23,9   | 15,9         | 23,9  |
| 36-12         | 30,0   | 16,8         | 29,5  | 15,4           | 29,5   | 16,6         | 29,0  |
| 36-45         | 29,5   | 26,6         | 30,0  | 15,3           | 39,4   | 28,6         | 29,6  |
| 36-78         | 33,7   | 23,1         | 30,5  | 17,5           | 33,6   | 23,1         | 30,1  |
| 45-12         | 30,3   | 23,2         | 25,9  | 15,2           | 30,3   | 21,2         | 25,6  |
| 45-36         | 29,9   | 17,8         | 29,9  | 17,7           | 30,2   | 17,7         | 30,2  |
| 45-78         | 58,1   | 43,9         | 32,8  | 17,7           | 58,1   | 43,9         | 32,9  |
| 78-12         | 24,2   | 16,0         | 24,2  | 25,5           | 24,1   | 16,0         | 23,9  |
| 78-36         | 33,9   | 24,5         | 29,2  | 15,5           | 34,1   | 24,5         | 29,5  |
| 78-45         | 58,8   | 44,1         | 34,1  | 17,9           | 58,6   | 44,1         | 33,8  |
| PSSELF        |        |              |       |                |        |              |       |
| 12            | 22,1   | 13,2         | 21,6  | 22,4           |        | 21,5         |       |
| 36            | 31,0   | 26,0         | 25,3  | 31,3           |        | 25,8         |       |
| 45            | 35,1   | 23,7         | 24,2  | 37,0           |        | 24,7         |       |
| 78            | 31,4   | 21,5         | 23,3  | 30,8           |        | 22,7         |       |

Рис. 7-11. Протокол автотеста линии проводки, выведенный с прибора DSP-4000

результатах тестирования линии: прошла или не прошла испытания (PASS/FAIL), HEADROOM, дата, время, тип кабеля, марка тестера и стандарт, по которому проводится тестирование.

Под шапкой помещается таблица, разделенная на две части (верхнюю и нижнюю), довольно нечетко. В верхней части помещаются параметры, не зависящие от частоты: длина линии (Length), задержка при распространении сигнала (Prop. Delay), перекося задержки (Delay Skew), сопротивление на постоянном токе (Resistance), волновое сопротивление (Impedance). В эту часть таблицы попало затухание (Attenuation) – зависящий от частоты параметр, но имеющий наибольшее значение на высшей частоте (250 МГц).

В нижней части таблицы даны наихудшие результаты измерений частотнозависимых параметров, с обоих концов линии – с ближнего (Main) и дальнего (Remote). Названия вынужденно присвоены не по концам линии, а по наименованиям блоков тестера. Приводятся отдельные данные о наихудших измеренных значениях параметра (Worst Value) и о наименьших запасах по параметру (Worst Margin). Кроме того, выпечатаны предельные значения, допустимые по стандарту (Limit). Создается впечатление, что количество приводимых данных несколько избыточно: с трудом можно представить себе специалистов, их все обрабатывающих. Над верхней частью таблицы, под шапкой, помещены данные проверки схемы разводки проводов в соединителях (Wire Map) и результат определения того, как соответствуют друг другу контакты разъемов на обоих концах линии (Result RJ45 PIN).

### ***Испытания экспериментальной линии***

Был испытан полномасштабный тракт, специально собранный для эксперимента. По составу он соответствовал стандарту, но горизонтальный кабель был смотан в бухту. Экспериментальная линия представляла собой модель тракта, а не эксплуатационный объект, и была собрана из компонентов SYSTIMAX.

Обратим внимание, что аналогичная модель тракта уже была испытана в 1996 г., о чем имеются сведения в главе 6. Тогда еще не было тестеров на диапазон частот до 300 МГц, измерения проводились на отдельных частотах (по точкам), поэтому опубликованы таблицы, а не графики. При измерениях погонного и переходного затуханий было снято несколько сотен точек; все испытания заняли около месяца. Теперь же подобное тестирование линии потребовало около двух часов, с получением более подробных данных, чем в 1996 г. Результаты 2001 г. представлены в виде графиков погонного затухания и переходного затухания (NEXT loss) на рис. 7-12.

Затухание (дБ/100м) и NEXT loss (дБ)

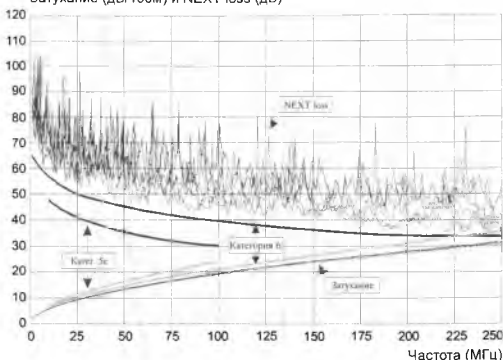


Рис. 7-12. Затухание и переходное затухание (NEXT loss) собранного тракта SYSTIMAX (результаты 2001 г.)

Согласно многочисленным публикациям, тракт, собранный из однотипных компонентов одного производителя, обычно удовлетворяет требованиям стандартов на Категории 5е и 6. Сложнее обстоит дело при сборке линии из компонентов разных производителей – здесь часто бывает, что удовлетворить требованиям этих Категорий не удастся.

### Заключительные замечания

Часто возникает вопрос: для каких приложений будет использована Категория 6? Существующий Gigabit Ethernet 1000 Base-T функционирует по проводке Категории 5е. Других, более скоростных приложений для локальных сетей пока не просматривается. Для чего же выпускать Категорию 6, с широкополосностью 250 МГц?

Попробуем ответить на этот вопрос. Во-первых, проводка Категории 6 не является чем-то принципиально новым – она лишь слегка отличается конструктивно от всем привычной проводки Категории 5е, т.е. она есть эволюционное развитие Категории 5 и обратно с ней совместима. Во-вторых, по Категории 6 лучше, свободнее работает нынешняя версия Gigabit Ethernet 1000 Base-T, когда передача и прием осуществляются одновременно по четырем парам

проводов. Главное же то, что по Категории 6 сможет работать новый Gigabit Ethernet, функционирующий тоже по всем четырем парам, но с передачей по одним двум парам и приемом по другим двум парам, в противоположные стороны. В печати уже имеются сведения о разработке 1000 Base-TX Gigabit Ethernet, по аналогии с 100 Base-TX Fast Ethernet, самой распространенной сейчас версией.

Принципиально возможно создание более скоростных систем для медной проводки, например – с темпом передачи 10 Гбит/с, что позволяет организовывать сети 10 Gigabit Ethernet. Подобные потоки могут поступать по медной проводке в локальную сеть и по ней распределяться. Получается хороший стык между транспортной сетью с довольно высокой скоростью передачи и локальной сетью.

Еще раз отметим, что Категория 6 достаточно мало отличается от Категории 5е и она входит в практику почти незаметно. Внешне компоненты Категории 6 выглядят почти так же, как Категории 5е, они давно выпускаются серийно (см. табл. 7-4).

Например, продукция SYSTIMAX GigaSPEED, соответствующая Категории 6, присутствует на рынке в полном комплекте уже несколько лет, широко продается и применяется. Как можно надеяться, перспективы у Категории 6 хорошие, выпуск компонентов организован несколькими компаниями, а монтаж на объектах идет полным ходом.

Табл. 7-4. Некоторые незранированные кабельные системы Категории 6 (класса E)

| Компания-изготовитель | Наименование системы  | Марки кабелей                   | Розеточные модули                                     | Шнуры переключения                      |
|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|---|---|
| AMP Netconnect        | Category 6 UTP System | UTP Cat 6 PVC<br>UTP Cat 6 LSZH | 13750055-X  | X-0219889-Y<br>X-0219884-Y              |
| AVAYA                 | GigaSPEED             | 1071C, 3071A,<br>1081A, 3081A   | MGS300, применяется также в панелях FlexMAX, MultiMAX | D8CM (RJ45-RJ45),<br>119P8CM (RJ45-110) |
| Brand-Rex             | CAT6Plus              | C6U, C6U-HF1,<br>C6U-HF3        | C6C- JAK-U-01-2,<br>C6C- JAK-U-01-3                   | C6C- PC-U-010-                          |
| HCI                   | HCICAT6               | Cat. 6 UTP Cable                | HC-3013-ZH8A-C6,<br>HC-3013-PH8A-C6                   | HC-UTP805-M-C6                          |
| Panduit               | GIGA-CHANNEL          | Belden 7812A<br>1583 и др.      | GIGA-CHANNEL<br>MINI-JACK CJ688WH                     | GIGA-CHANNEL<br>Patch Cord UTPC6        |
| SIEMON                | System 6              | System 6                        | MAX6 или CT6  | MC6 или IC6, или<br>(на панелях) S210   |

# Развитие информационной проводки

Ранее витая пара в офисе распределяла лишь компьютерные данные. Теперь по ней передается вся необходимая информация: данные, видео, голос, а также она используется для формирования инфраструктуры «интеллектуального здания», то есть передает информацию для управления системами пожаротушения, вентиляции и кондиционирования, охраны, освещения и другого оборудования зданий. Последняя из поставленных задач – достичь скорости 10 Гбит/с.

По оптическим кабелям трафик 10 Гбит/с передается достаточно давно. Позднее перед информационным сообществом возникла цель: передать такой поток по кабелю из витых пар. Над этой проблемой трудится множество организаций, в частности – IEEE, подключились EIA/TIA и ISO/IEC; они проводят совместные исследования и продвигаются вперед быстрыми темпами. Основные области применения новой технологии – центры обработки данных и сервисные центры. В перспективе также возможно использование ее в горизонтальной подсистеме локальной компьютерной сети.

## 8.1. Четырехпарная проводка для 10 Гбит/с

Хотя проблема создания конкурентоспособной медной кабельной системы на скорость 10 Гбит/с возникла лишь несколько лет назад, после победного шествия Gigabit Ethernet, в ее решении уже есть существенные достижения. В IEEE организована рабочая группа 802.3ap для создания стандарта 10 Gigabit Ethernet (10Gbase-T). Его разработка начата в 2002 г., а утверждение намечено на июль 2006 г. В ISO/IEC рабочая группа № 3 подкомитета JTC1 SC25 по кабельной системе тесно сотрудничает с рабочей группой IEEE 803.3ap, так что все работы по стандарту 10Gbase-T и по соответствующей ему медной проводке выполняются параллельно. Есть уверенность в том, что в 2006 г. стандарты на 10Gbase-T и кабельную систему улучшенной Категории 6 выйдут в свет.

Четырехпарная кабельная система бывает двух видов: экранированная и неэкранированная. В связи с тем, что в России наиболее распространена неэкранированная проводка, сначала рассмотрены самые широкополосные кабельные системы этого типа. Затем подробно обсуждаются последние веяния в области экранированных кабельных систем, получивших распространение в Германии и Франции.

### **Неэкранированные системы**

Остановимся на описании наиболее новых неэкранированных кабельных систем GigaSPEED XL и X10D компании SYSTIMAX Solutions. В состав GigaSPEED уже давно входит решение GigaSPEED XL, превышающее по своим характеристикам Категорию 6, а недавно в нее вошло решение GigaSPEED X10D, позволяющее передавать данные со скоростью до 10 Гбит/с по линии длиной до 100 м.

Неэкранированные кабельные системы GigaSPEED XL и X10D легко справляются с трафиком Gigabit Ethernet, ATM с темпом 1,2 Гбит/с, а решение X10D – с потоком 10 Гбит/с. При работе над этими кабельными системами конструкторы использовали «нисходящий» (от готового тракта к компонентам), действительно системный подход. Сначала были определены цели в виде конкретных характеристик тракта, а затем применены средства моделирования, позволившие найти оптимальные параметры тракта и входящих в него компонентов. SYSTIMAX Solutions проектирует, производит и испытывает весь тракт целиком как единую систему.

Работа, сделанная в предыдущие годы, показала, что модель тракта, ориентирующаяся на параметры отдельных компонентов, имеет серьезные недостатки в предсказании параметров собранного, готового тракта. Реальные тракты отличаются друг от друга длиной горизонтального кабеля, длинами входящих в них шнуров, числом и типами соединителей, направлением включения этих соединителей (прямое и обратное) и т. д. Возможны сотни тысяч комбинаций элементов тракта, каждая из которых приводит к различиям в его характеристиках. Некоторые комбинации компонентов проводки могут дать резкое и непредсказуемое в обычных условиях снижение характеристик, вместе с общим ухудшением надежности кабельной системы.

Тракт (channel) состоит из горизонтальных кабелей, соединительных шнуров, информационных розеток и панелей переключения. Все компоненты, входящие в GigaSPEED XL и X10D, разработаны заново. Полоса частот тракта расширена до 400 МГц – для XL и до 500 МГц – для X10D, а компоненты имеют еще большую ши-

рокополосность. Тракт, сконструированный в соответствии с изложенным выше системным подходом из компонентов GigaSPEED XL, значительно превосходит по характеристикам Channel ISO/IEC Класс E, а X10D превосходит проект стандарта на «Новый Класс E» (табл. 8-1).

В состав решения GigaSPEED XL входят кабели 1071 и 1081, а в X10D – 1091. Характеристики первых двух кабелей превышают требования Категории 6; кабель 1091 по своим параметрам приближается к Категории 7. На нем получено снижение уровня межкабельных помех относительно кабелей 1071 и 1081, что достигнуто с помощью новой конструкции защитной оболочки: ее внутренняя поверхность имеет продольные ребра. Это также облегчает разделку кабеля и делает его значительно более гибким.

При изготовлении кабелей применена новая технология скрутки пар (СТАТ), созданная в SYSTIMAX Labs – научно-исследовательском подразделении компании SYSTIMAX Solutions. Кабели этих серий выпускаются с обычной, огнестойкой и LSZH-оболочкой (последняя не содержит галогенов и проявляет минимальное дымовыделение при пожаре). Кабель 1091 обладает широкополосностью свыше 500 МГц и обеспечивает работоспособность приложений с темпом передачи до 10 Гбит/с в тракте длиной 100 м.

Табл. 8-1. Параметры трактов GigaSPEED XL и GigaSPEED X10D

| Электрический параметр                                   | GigaSPEED XL<br>Превышение над требованиями ISO/IEC «Класс E» | GigaSPEED X10D<br>Превышение над требованиями ISO/IEC «Новый Класс E» |
|--|---|---|
| Вносимые потери  | 5%  | 2%  |
| Переходное затухание на ближнем конце (NEXT)             | 6 дБ  | 1 дБ  |
| Суммарное переходное затухание на ближнем конце (PSNEXT) | 7,5 дБ  | 6 дБ  |
| Защищенность на дальнем конце (ELFEXT)                   | 6 дБ  | 6 дБ  |
| Суммарная защищенность на дальнем конце (PSELFEXT)       | 8 дБ  | 8 дБ  |
| Возвратные потери  | 3 дБ  | 0 дБ  |
| Суммарное переходное затухание между кабелями (PSANEXT)  | не нормируется  | 0 дБ  |

Одновременно с кабелями разрабатываются новые информационные розетки и соединительные шнуры. В GigaSPEED XL применяются розетки MGS400, а в X10D – MGS500, с соответствующими полосами пропускания. Соединительные шнуры марок GS8E для XL и GS10E – для X10D состоят из гибких кабелей и разъемов усовершенствованной конструкции. Шнуры, кабели и розетки совместно позволяют оптимизировать тракт по заданным требованиям. Для обеспечения широкополосности тракта GigaSPEED X10D были исследованы сотни сочетаний кабелей, розеток и шнуров с применением методики модальной декомпозиции (MDM), разработанной также в SYSTIMAX Labs. Это позволило инженерам менять комбинации кабелей и шнуров различной длины, достигая оптимальных параметров тракта, и получить уверенность в том, что при сложных конфигурациях тракта его пропускная способность будет достаточной для работы самых скоростных приложений. Заметим, что розетки MGS500 и шнуры GS10E имеют новую конструкцию соединителей, созданную с помощью моделирования их электромагнитных полей. Методика моделирования (CFPM), также разработанная в SYSTIMAX Labs, позволяет значительно уменьшить переходные помехи в тракте.

Эти нововведения в конструкции кабелей, соединителей и шнуров обеспечили характеристики компонентов и всего собранного тракта с четырьмя соединителями на уровне требований улучшенной Категории 6 / Нового Класа Е. При этом все компоненты сохраняют обратную совместимость с обычными компонентами Категории 6 и трактом Класа Е в традиционном исполнении, а также снижают уровень межкабельных переходных помех (ANEXT) до необходимого.

Другие компании также выпустили незранированную продукцию для 10 Гбит/с. Среди них можно выделить Siemon, поскольку она предусмотрела поддержку 10 Гбит по кабельным системам всех трех видов: экранированной, незранированной и волоконно-оптической, под общим наименованием 10G<sub>ip</sub>. Незранированная проводка 10G6, рассчитанная на передачу потока 10 Гбит/с, содержит вновь разработанное модульное соединение с рабочей полосой частот 500 МГц. Новый розеточный модуль 10G6MAX, в сочетании со шнуром 10G6, обеспечивает характеристики тракта передачи, соответствующие протоколу 10Gbase-T. Совместно с этим соединительным оборудованием используется горизонтальный кабель 10G6 UTP, также предлагаемый компанией Siemon. В документации приводится полоса пропускания кабеля 550 МГц, но защищенность на ближнем



конце (ACR) у этого кабеля имеет положительное значение только до 400 МГц.

Компания Krone также продемонстрировала кабель улучшенной Категории 6, поддерживающий протокол 10Gbase-T на расстоянии 100 м. Кабель улучшенной Категории 6 был выпущен на заводе Krone в США. В результате испытаний по кабелю был передан поток 21 Гбит/с, благодаря его повышенной защищенности от внешних помех.

### *Экранированные системы*

Далее рассмотрена дважды экранированная проводка, когда каждая витая пара имеет индивидуальный экран из фольги, а весь сердечник кабеля защищен медной оплеткой. По-видимому, наиболее продвинутой в данном направлении является AMP Netconnect. Экранированная кабельная система этой компании не только содержит весь спектр необходимых компонентов, но и прошла тестирование в сертификационной лаборатории DELTA (Дания). Испытаниям подверглись следующие пробросы (Permanent Link, по стандарту ISO/IEC 11801:2002):

а) кабель PiMP Compact + панель Cat.6 PCB + модульное гнездо SL;

б) кабель PiMP Compact + панель Cat.6 PCB + розетка Cat.6 DIN (AMPTWIST);

в) кабель PiMP 600 МГц + панель Cat.6 PCB + розетка Cat.6 DIN (AMPTWIST);

г) кабель PiMP 600 МГц + панель ACO Plus со вставкой Cat.6 + розетка ACO Plus со вставкой Cat.6;

д) кабель PiMP 600 МГц + панель ACO Plus со вставкой Cat.7 + розетка ACO Plus со вставкой Cat.7.

В условиях, приближенных к реальной прокладке кабельной системы, проведены измерения характеристик передачи и межкабельных помех (Alien Crosstalk) в диапазоне частот от 1 до 625 МГц и подтверждено их соответствие требованиям документа ISO/IEC JTC 1/25 N981.

Компания Siemon также представила полностью экранированную кабельную систему 10Gip, с собственным соединителем TERA. Рабочая полоса этой проводки составляет 1200 МГц, что позволяет использовать ее и для передачи телевидения. Горизонтальная подсистема состоит из розетки TERA, кабеля S/FTP (аналогичного кабелю PiMP 1200 МГц) и панели переключений с гнездами TERA. По такой кабельной системе могут функционировать все типы современных сетей: компьютерные, телефонные и телевизионные, а также сети управления зданием.

Особый интерес, на мой взгляд, представляет использование подобных кабельных систем в жилых домах. Новый стандарт ISO/IEC 15018 предусматривает три вида домовой слаботочной проводки:

1. Информационная и телекоммуникационная (т.е. компьютерная и телефонная).
2. Широкополосная (в основном, для телевидения).
3. Контрольная, командная и коммуникационная (для систем управления).

Четырехпарный соединитель TERA этим стандартом рекомендован к применению во всех трех видах домовой проводки. Наиболее целесообразно его использование для широкополосных приложений, в том числе – для телевидения.

В стандарте IEC 61076-3-104 описаны требования к соединительному оборудованию Категории 7, базирующемуся на разъеме TERA. Он представляет собой соединитель не RJ45-типа, прошедший всю процедуру международной стандартизации для четырехпарной экранированной системы. Теперь к нему имеется и балун (переходник от симметричной проводки к коаксиальной), позволяющий присоединить разъем TERA к сети телевидения; либо подсоединить к четырехпарной экранированной сети с помощью балуна устройства (телевизоры, видеоманитофоны и т.п.), обычно работающие только в коаксиальной сети.

Теперь рассмотрим состав и параметры четырехпарной экранированной проводки компании Keypen. Сначала возьмем самую широкополосную кабельную систему ELine 1200, имеющую весь необходимый набор кабелей, шнуров, балунов как для телевизионной, так и для компьютерной распределительных систем.

Основным компонентом, определяющим широкополосность кабельной линии Keypen ELine 1200 EC7, является кабель MegaLine 8. Четырехпарный, с индивидуально экранированными парами (PiMF), этот кабель имеет рабочую полосу до 1400 МГц. У него защищенность (соотношение сигнал/шум) на частоте 1400 МГц составляет 14 дБ. Ни у какого другого кабеля, описанного ранее, не было такой защищенности (ACR). Судя по этой норме, кабель работоспособен до частоты 1500 МГц и выше.

С целью осуществления разных функций в систему Keypen ELine 1200 входит много различных шнуров и балунов, обеспечивающих работу каждого отдельного приложения. Все эти шнуры на одном конце имеют разъем EC7, а на другом – разъем для соответствующего приложения: для телефона – RJ11, для компьютера – RJ45, для телевизора – балун и разъем типа «F» или МЭК. Шнур для Gigabit Ethernet с

одного конца армирован четырехпарным разъемом EC7, а с другого – оканчивается модернизированным разъемом RJ45, с характеристиками, полностью соответствующими этому высокоскоростному режиму.

Важным является то обстоятельство, что в системе ELine 1200 имеется набор соединительных шнуров, выполненных из гибких, экранированных кабелей MegaLine 726 и MegaLine 727, с рабочими полосами 900 и 600 МГц соответственно. Без сомнения, кабельная система ELine 1200 может применяться, с большим запасом по характеристикам, для передачи 10 Гбит/с на расстояние 100 м.

Кроме ELine 1200 EC7, Kergren выпускает еще две экранированные кабельные системы, полностью соответствующие 10Gbase-T: Eline 600 GG45 (Класс F / Категория 7) и ELine 500 RJ45S (Класс E / расширенная Категория 6).

## 8.2. Эволюция кабельных систем

До середины 80-х годов прошлого века компьютерные сети в зданиях строились без предварительного проекта, довольно хаотично. Использовалось большое разнообразие кабельной продукции – коаксиальные кабели различных диаметров, экранированные одно- и двухпарные, двухкоаксиальные кабели и т. д. Кроме того, места кабельных трасс были не определены, поэтому по зданию проходили линии в различных направлениях. Кабели повсюду извивались, как змеи, затрудняя даже передвижение по коридорам и переходам. Не было и стандартов, определяющих типы кабелей и порядок проведения монтажных работ.

С широким внедрением Ethernet по всем помещениям прокладывались коаксиальные кабели, как толстые («желтые»), так и тонкие, типа RG58. Для телефонной связи наиболее широко использовались кабели из витых пар, с разными типами изоляции проводов этих пар (полиэтилен, поливинилхлорид, фторопласт) и волновым сопротивлением 100, 120, 150 Ом и др.

### *Становление кабельных систем*

Такой хаос в кабельном хозяйстве был далее нетерпим. Формирование *систем* проводки относится к 1984–1985 гг., когда наиболее «продвинутые» компании приняли решение об упорядочении инфраструктуры. К этому времени в зданиях уже имелись развитые *телефонные системы*, но в проекты зданий еще не включались *компьютерные системы*. Возникла потребность объединить телефонную и компьютерную системы, т. к. проводка для них практи-

чески по всему зданию прокладывалась параллельно, вплоть до рабочего места.

Постепенно стали появляться и специализированные кабельные системы для компьютерных сетей. Первые две системы этого назначения выпустили на рынок американские компании IBM и AT&T – компьютерный и телефонный гиганты. Системы носили названия IBM Cabling System и AT&T SYSTIMAX PDS, и на их основе началась разработка спецификаций на СКС. Первая из систем отличалась разнообразием медных кабелей, а также тем, что сама IBM ее не выпускала. Вторая – полностью выпускалась самой AT&T, состояла из небольшого количества кабелей и монтировалась обычно или подразделениями AT&T, или одним из авторизованных партнеров.

До 1984 г. AT&T имела право предоставления услуг связи всем пользователям и накопила громадный опыт в создании кабельных систем. Собственно говоря, само понятие СКС родилось в недрах AT&T. IBM к этому времени также приобрела опыт монтажа компьютерной проводки в зданиях, но несколько иного рода: если AT&T проводила телефонную связь в массовом порядке, то IBM устанавливала компьютерное оборудование в значительно меньших масштабах. Все это сказалось на разработанных AT&T и IBM кабельных системах зданий: если первая была рассчитана на предельную экономию ручного труда (очень дорогого в США), то вторая уделяла большее внимание многофункциональности и гибкости системы, а уже во вторую очередь – экономии трудовых затрат. Хотя эти две кабельные системы сильно между собой отличались, именно на их базе и началась стандартизация компьютерной проводки.

Для решения задачи создания кабельной системы, отвечающей требованиям по передаче больших объемов информации, в Bell Laboratories (Исследовательское подразделение AT&T) была образована группа, призванная в первую очередь определить общие требования, предъявляемые к компьютерным проводкам. Был проведен большой объем исследований различных объектов и приложений в США (более 1000 объектов и 20 приложений). Результаты этих работ оказались очень полезными для создания первой СКС. Например, было показано, что для 95 % зданий длина горизонтального кабеля не превышает 90 м – эта цифра вошла во все стандарты на СКС. Кроме того, было доказано, что четырехпарного кабеля будет достаточно для подключения любого устройства в рабочей зоне, от телефона до компьютера. Поэтому с самого начала в качестве линии к рабочему месту был выбран четырехпарный медный кабель, а для больших расстояний было рекомендовано прокладывать оптический кабель. Таким образом,

с момента своего появления СКС SYSTIMAX содержит общие черты, присутствующие в дальнейшем во всех новейших кабельных системах.

В 1985 г. несколько компаний, относящихся к информационной отрасли США, обратились в EIA (Ассоциация электронной промышленности, США) с просьбой создать стандарты, описывающие проводку для информационных структур зданий. Серия должна была состоять из нескольких стандартов, объединяющих все основные вопросы строительства, монтажа и эксплуатации слаботочных систем. С 1988 г. к этому процессу присоединилась Ассоциация средств связи (TIA, США), а также некоторые компании, выпустившие к этому времени собственные кабельные системы.

В 1989 г. американская компания Anixter, дистрибьютор кабельных систем во всем мире, совместно с испытательной организацией Underwriters Laboratories (UL, США) ввели классификацию кабелей из витых пар по уровням их характеристик. При этом Уровень I был самым низким, а Уровень 5 – самым высоким: он задавал технические требования на частотах до 100 МГц. Затем эта классификация практически без изменений вошла в стандарт EIA/TIA-568, но Уровни в нем были переименованы в Категории. На *рис. 8-1* представлен титульный лист стандарта EIA/TIA-568, принятого в 1991 г.

| Стандарты на Ethernet   | Стандарты на проводку  |
|---|--|
| <b>1990</b> IEEE 802.3 (10Base-T) Ethernet по витым парам (Категория 3); скорость передачи 10 Мбит/с  | <b>1991</b> Первый стандарт США EIA/TIA-568, проводка Категории 3, с полосой пропускания 16 МГц                                |
| <b>1995</b> IEEE 802.3u (100Base-Tx) Fast Ethernet по проводке Категории 5, скорость передачи 100 Мбит/с  | <b>1995</b> TIA/EIA-568-A (США)<br>ISO/IEC 11801 (Междунар.)<br>CENELEC 50173 (Европа)<br>проводка Категории 5, полоса 100 МГц |
| <b>1999</b> IEEE 802.3ab (1000Base-T) Gigabit Ethernet по проводке Категории 5е; скорость передачи 1000 Мбит/с (одновременно по четырем парам передачи и прием) | Позднее создана проводка Категория 5е, с той же рабочей полосой, но улучшенная   |
| <b>2006?</b> IEEE 802.3an (10GBase-T) 10Gigabit Ethernet по проводке Категории 6е, скорость передачи 10000 Мбит/с   | <b>2002</b> TIA/EIA-568-B.2-1<br>ISO/IEC 11801:2002<br>CENELEC 50173-1<br>на проводку Категории 6, с полосой 250 МГц.          |

*Рис. 8-1. Стандарты на Ethernet и медные кабельные системы*

### *Развитие стандартов на СКС*

*Медная проводка.* Поскольку стандартов на кабельные системы ранее не существовало, американские организации EIA/TIA (Ассоциация электронной промышленности / Ассоциация промышленности средств связи) в быстром темпе разработали стандарт EIA/TIA-568 1991 г. на компьютерную проводку. Несколько позднее те же организации выпустили два технических бюллетеня (TSB-36 и TSB-40) на компоненты проводки (линейные кабели и соединительное оборудование) Категорий 3, 4 и 5, со спецификациями на рабочие полосы 16, 20 и 100 МГц соответственно. Появление этих документов стимулировало работы по кабельным системам Категории 5, завершившееся выпуском стандартов на такие проводки.

Взрывоподобное создание кабельных систем Категории 5 произошло между 1992 и 1995 гг. В 1995 г. были опубликованы сразу три стандарта на компьютерную проводку: TIA/EIA-568-A, ISO/IEC 11801 и CE-NELEC 50173 (США, Международный и Европейский соответственно).

Выход этих стандартов подводил итог длительному периоду расцвета сетей и проводок, довольно памятного всем. Но уже зрели замыслы еще более скоростных сетей: в 1996 г. образована организация Gigabit Ethernet Alliance, нацеленная на создание приложения со скоростью передачи данных 1 000 Мбит/с. В связи с этим были предприняты попытки модернизировать Категорию 5, и в результате появился стандарт TIA/EIA на «улучшенную» Категорию 5 (Категорию 5е), с полосой 100 МГц.

Развитие кабельных систем на этом не остановилось. Вдохновленные успехами, разработчики принялись за создание Категории 6, с рабочей полосой 250 МГц. Задача была поставлена в 1997 г., а уже в 2002 г. вышел стандарт TIA/EIA-568-B, среди прочего и на проводку Категории 6.

Заметим, что одновременно организациями ISO/IEC выпущены стандарты на Категорию 7 (полоса 600 МГц, экранированные кабели, с индивидуальными экранами на каждой из четырех пар). В настоящее время мы имеем стандарты на Категорию 6 (с полосой 250 МГц) и Категорию 7 (с полосой 600 МГц), которые требуют многочисленных усилий по их освоению. В то же время специалисты по кабельным системам ведут разработку стандарта Категории 8, с рабочей полосой 1 200 МГц.

Особенности кабельных систем Категорий 5 и 5е, 6 и 7 здесь не рассматриваются, так как они описаны во множестве статей С. Орлова, А. Семенова, а также автора этой статьи в Журнале сетевых решений / LAN.

*Оптическая проводка.* В исходном стандарте EIA/TIA-568 волоконно-оптической проводке уделено лишь небольшое место. Вышедшая затем серия стандартов 1995 года содержала развернутые спецификации по оптическим системам: В TIA/EIA-568-A – большой раздел, с методами испытаний отдельных компонентов, а в ISO/IEC 11801 и EN 50173 – в значительно меньшем объеме. В США в 2000 г. утверждена уже отдельная часть стандарта TIA/EIA-568-B.3: Optical Fiber Cabling Components (волоконно-оптические компоненты проводки).

Все последнее десятилетие использовались только две конструкции многомодовых оптических волокон, с размерами 50/125 мкм и 62,5/125 мкм (первое число – диаметр сердцевины, второе – диаметр оболочки). По этим волокнам сигналы передаются на длинах волн 850 нм и 1300 нм. Был период, когда казалось, что волокно 62,5/125 вышло на первые роли, но в последнее время почти повсеместно в локальных сетях используют волокно 50/125. Дело в том, что у этого волокна широкополосность почти в два раза больше, чем у волокна 62,5/125. Те преимущества, которые выявило волокно 62,5/125 вначале, со временем сошло на нет, а широкополосность оказалась важной характеристикой. Так, в стандарте США TIA/EIA-568-A (1995 г.) волокно 50/125 даже не упоминается, а уже в TIA/EIA-568-B (2000 г.) есть оба варианта, и присутствуют они на равных. Во внешних частях кабельных сетей наибольшее применение находит одномодовое волокно.

Разработанный довольно давно, коннектор типа SC вошел во все стандарты на структурированные кабельные системы. Фактически SC стандартизован как основной соединитель для локальных сетей. Многомодовый и одномодовый варианты соединителя имеют различную окраску корпуса: серый или бежевый – для первого и голубой – для второго типа волокна.

В последние несколько лет получил распространение малогабаритный соединитель типа LC. Так как в локальных сетях используется двухволоконная горизонтальная проводка, получается полная взаимозаменяемость по числу портов в панелях переключений – для медной проводки и для волоконно-оптической проводки: на место одного гнездового модуля RJ45 можно вставить два разъема LC.

*Промышленная проводка.* Условия эксплуатации компьютерных сетей в промышленности значительно отличается от тех, которые имеют место в офисных помещениях. Альянс по промышленному применению информационных сетей IAONA (Industrial Automation Open Networking Alliance) получил международное признание и со-

трудничает с организациями по стандартизации. Этот альянс вырабатывает требования к кабельной системе и к элементам проводки. И проектировщики, и монтажники получают от него технические требования к подобным системам, с учетом жестких условий промышленной эксплуатации. В них учтены принципы построения структурированных кабельных систем, изложенные в стандартах EN 50173-1 и IEC 11801-2.

В документах IAONA определены классы сред эксплуатации: Light Duty и Heavy Duty. Обычные офисные условия – Light Duty, а класс Heavy Duty – производственные помещения с тяжелыми условиями: пыль, пониженные или повышенные температуры, присутствие агрессивных газов и жидкостей. Эти же технические документы определяют требования к кабелям и соединителям, из которых собирается кабельная система.

В разрабатываемом стандарте EN 50173-3 (третья часть европейского стандарта EN 50173) предполагается создать специальный раздел, касающийся промышленной проводки. К числу вопросов, рассматриваемых в этом разделе, относится и выбор оболочки кабеля как основного элемента защиты от окружающей среды, в частности – в сложных условиях.

Популярными материалами для оболочек по-прежнему остаются полиэтилен и фторопласт. Широко применяемый поливинилхлорид дешев, имеет хорошие противопожарные свойства и устойчив к воздействию масел и других химических веществ. Однако при горении поливинилхлорид выделяет токсичные газы, приводящие к удушью. Полиамид загорается быстрее, но при горении удушливые газы не выделяет. Он имеет хорошую стойкость к истиранию и высокую хладостойкость (от  $-60^{\circ}\text{C}$ ), поэтому годится для внешних магистралей и проводок к технологическому оборудованию. Полиуретан обладает положительными свойствами полиамида и вдобавок гибок и устойчив к воздействию агрессивных веществ. Область его рабочих температур ограничена диапазоном температур от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+85^{\circ}\text{C}$ , и он может использоваться в подвижном режиме. Разъемы для промышленных сетей должны иметь электрические характеристики Категории 5e, высокую степень защиты от окружающих воздействий (на уровне IP67) и достаточную прочность.

### **Отличительные признаки СКС**

За время эволюции СКС приобрели несколько характерных признаков, присущих именно этим системам. Основная особенность СКС состоит в том, что это – *распределенная система*, трудно восприни-



маемая как единое целое. Впервые столкнувшись с подобной проблемой в 1975 г. (речь шла о кабельной системе стыковки космических объектов), один из авторов до сих пор встречает людей, воспринимающих распределенную систему как набор компонентов. На самом деле это далеко не так – СКС сопровождает ряд стандартов (ISO/IEC 11801, TIA/EIA-568-B, EN 50173 и несколько других) *на единый объект*. Также существуют стандарты на сетевые приложения (ATM, Ethernet, Gigabit Ethernet, Token Ring), которые иногда воспринимаются как достаточные для построения СКС. Создатели компьютерных сетей говорят: есть же стандарты IEEE 802.3, 802.4, 802.5 – что еще надо? Разница между этими группами стандартов хорошо понимают специалисты по СКС – остальной публике нелегко понять и разобраться во всей описанной путанице.

Сказанное выше встречается часто и ведет к длинным разъяснениям того, что СКС – это не просто набор кабелей, розеток, панелей и шнуров, собранных вместе, а нечто большее, объединенное едиными принципами и стандартами, единой системой построения и управления, а также снабженное единой документацией.

Следующей особенностью СКС, также очень важной, является ее *универсальность*. По современной кабельной системе должны работать все известные приложения: ATM, Ethernet, Token Ring, ISDN и т. д. Более того – желательно, чтобы по ней смогли работать и будущие приложения. Характерный пример – четырехпарная проводка Категории 3. Первоначально ее монтировали для ISDN, использовали для Ethernet и Token Ring, со скоростью передачи до 10 Мбит/с. Затем появилась проводка Категории 5, и ее применили для Fast Ethernet, поддерживаемой по двум парам, но проводка осталась четырехпарной на всякий случай. Появился Gigabit Ethernet, со скоростью 1000 Мбит/с, и была использована для его функционирования уже имевшаяся четырехпарная проводка Категории 5, позднее плавно перешедшая в Категорию 5e. А теперь намечается 10 Gigabit Ethernet, и снова по четырехпарной проводке, но теперь уже Категории 6 или 6a.

Важнейшей особенностью СКС служит ее *избыточность*. Начальный этап развития кабельных систем характеризуется ростом «снизу»: сколько имелось компьютеров в Компании, столько и объединяли в сеть. Элементарный переезд из одного помещения в другое становился проблемой – там зачастую не оказывалось проводки. Приходилось либо пробрасывать времянку, либо сверлить стены, монтировать новые короба, прокладывать кабели и крепить розетки. Избыточные СКС этих работ не потребуют – во всех подходящих помещениях уже будут проложенные короба, протянуты кабели и смонтированы розет-

ки. Избыточная система, конечно, стоит дороже на 20–40 %, но удобства, получаемые при этом, делают ее предпочтительной в процессе эксплуатации.

Начальный этап развития компьютерных сетей был характерен тем, что сетевая проводка не входила в основную смету строительства. Лишь когда здание было готово, приходили проектировщики и монтажники и сооружали кабельную систему. Постепенно эта тенденция менялась – все большее количество проектов зданий включали в себя информационную сеть. Теперь сетевая компьютерная проводка все чаще попадает в проекты зданий и сооружений заранее, а затраты на ее создание постепенно переходят из текущих в капитальные. В современных проектах не только офисных, но и жилых зданий как правило присутствует информационная проводка, предназначенная для компьютерных сетей, телевидения, Интернет, а также для функционирования служб управления инженерными системами.

### **СКС в России**

На российском рынке присутствует продукция более двадцати производителей СКС. В табл. 8-2 представлены компании-изготовители, фирменные названия СКС, а также выделены отдельные системы, рекомендуемые производителями. Наиболее «продвинутые» компании предлагают ряд кабельных систем, используя при этом их групповое название. Например, общее наименование кабельных систем, выпускаемых концерном CommScope, – SYSTIMAX включает ряд так называемых «решений»: GigaSPEED XL, LazrSPEED и т. д. Фирменная продукция АйТи-СКС также состоит из нескольких систем: Гига-Система АйТи-СКС, АйТи-СКС мини. Поэтому, когда пишут о кабельных системах SYSTIMAX, АйТи, Nexans, Siemon и др., то имеется в виду ряд кабельных систем, каждая из которых представляет собой вполне законченное техническое решение проводки. Одни компании-производители предлагают готовые, уже подобранные кабельные системы, в то время как другие описывают лишь компоненты, из которых может быть собрана комплектная система.

Относительно новым направлением является мониторинг СКС в реальном времени. Первой в этой области была компания RiT, предложившая систему управления Patch View. Иное направление, основанное на панелях со светодиодными индикаторами iPatch, продвигают разработчики SYSTIMAX. Еще одно решение предложила компания iTRACS, при котором применены модули с датчиками, смонтированные в обычные панели переключения. Согласно прогнозам, к 2007 г. более половины крупных предприятий будут применять

интеллектуальные средства мониторинга сетей СКС. В первую очередь это важно для компаний, у которых простой компьютерной системы чреват серьезными последствиями – банки, бизнес-центры, аэропорты, узлы телекоммуникации.

Лидирующее положение в России, как и все последние 12 лет, занимает SYSTIMAX (20 % рынка). Сначала эта торговая марка принадлежала компании AT&T, затем Lucent Technologies, потом – Avaya Communication, а с осени 2003 г. – CommScope. За ней следует АйТи-СКС – отечественная СКС, существующая с 1996 г. и занимающая около 9 % рынка; далее идут AMP Netconnect (8 %) и Siemon (7 %). Россия, кстати, принадлежит к немногим странам, где продолжается рост рынка СКС (~10% в год). Объясняется сказанное просто: в развитых странах СКС практически повсеместно уже есть, в то время как в России число портов на душу населения в 8 раз меньше, чем в

Табл. 8-2. Производители СКС и их продукция, представленные на российском рынке

| Производители СКС                    | Название продукции и входящие в нее СКС          |
|--------------------------------------|--|
| Advanced Electronic Support Products | Hi Link (Signa Max и др.)                        |
| AMP tyco / Electronics               | AMP Netconnect (ACO Plus, EconoLink и др.)       |
| AVA Distribution                     | Гига-Система АйТи-СКС, АйТи-СКС и др.            |
| Brand-Rex (панель BICC Brand-Rex)    | Millenium (CAT6 Plus и др.)                      |
| CommScope (панель Avaya)             | SYSTIMAX (GigaSPEED XL, LazaSPEED и др.)         |
| Elgadphon                            | Elgadphon Cabling System                         |
| IBM                                  | Advanced Connectivity System                     |
| ITT NS&S                             | LAN Connect 200, ISCS, GIGAPATH                  |
| Kerpen                               | ELine 100RJ, ELine 250/600RJ, ELine 600EC7 и др. |
| Krone                                | Premis NET, Highband и др.                       |
| LANMASTER                            | CKC LANMASTER                                    |
| Legrand                              | LCS6/LCS5  |
| Lindex Technologies                  | EuroLAN  |
| Molex PN (панель Mod-Tap)            | Premise Networks (медная и оптическая)           |
| Nexans (панель Alcatel)              | LANmark-5, LANmark-6, Essential и др.            |
| Ortronics                            | GigaMo, OptiMo                                   |
| Panduit                              | Network Connectivity Solutions                   |
| Reichle & De-Massari                 | Freenet  |
| RiT Technologies                     | SMART, SMART-Giga и др.                          |
| Siemens                              | ICCS и др.                                       |
| Siemon                               | Siemon Cabling System (SCS)                      |
| Superior Modular Products            | Superior – CKC                                   |
| Sonet Technologies                   | ExaLAN+  |
| 3M Telecommunications                | CKC Volition                                     |

Западной Европе. В то время как в Западной Европе количество экранированных и неэкранированных систем примерно одинаково, в России 90 % СКС – неэкранированные, и только 7–8 % – экранированные, что напоминает скорее рынок Соединенных Штатов и Великобритании. В последние полтора-два года к компании АйТи прибавились еще два российских производителя: Lindex и Sonet, со своими СКС EuroLAN и ExaLAN+ соответственно. Незадолго до этого появилась СКС LANMASTER.

Присутствующие в России СКС можно разделить на три ценовые группы. Верхнюю, наиболее дорогую группу возглавляет SYSTIMAX, но в последнее время он представляет продукцию, относящуюся к средней ценовой группе. К этой же группе можно отнести большинство западных поставщиков – AMP Netconnect, Nexans, Siemon и др. В нижнюю группу следует выделить производителей из Юго-Восточной Азии – Китая, Кореи, Тайваня. Отечественные СКС как по цене, так и по качеству скорее всего относятся к средней ценовой группе, приближаясь к ее нижнему пределу.

Среди неэкранированных систем Категории 6 высшим достижением является SYSTIMAX GigaSPEED XL компании CommScope. Создана она в результате глубокой научной работы, которая велась более 15 лет (патент получен еще в 1989 г.). У этой кабельной системы не только характеристики превышают требования Категории 6 в значительной степени, но и объем продаж SYSTIMAX в России наибольший.

В классе экранированных кабельных систем Категорий 6–7 следует отдать предпочтение AMP Netconnect, Nexans и Siemon. Главное преимущество Nexans – недавно стандартизованный разъем GG45, созданный для применений Категории 7; он обратно совместим с разъемом RJ45. Siemon также стандартизует свой новый соединитель TERA, работоспособный выше 1000 МГц, но несовместимый с соединителем RJ45. Что касается AMP Netconnect, то ее соединительная система ACO Plus кроме требуемой широкополосности имеет наиболее богатый ассортимент вставок к розеткам, обеспечивающий универсальность кабельной системы.

Проводки для SOHO пока немногочисленны; из них самой передовой можно считать систему Kerpen Eline 1200, поскольку она обладает высокими характеристиками и в то же время – набором всех необходимых компонентов для малых и домашних сетей. Кроме четырехпарного кабеля и соединителя EC7 с полосой до 1400 МГц, в комплект входит большое количество разнообразных шнуров и балунов, позволяющих создать мультимедийную сеть.

### 8.3. Ethernet и кабельные системы

Впервые название Ethernet было предложено в 1973 году Б. Меткалфом, работавшим в исследовательском центре компании Xerox. Когда в 1976 году Xerox приступил к переделке разработанного сетевого решения в сеть производительностью 20 Мбит/с, она была переименована в Xerox Wire. В 1979 г. компании Digital, Intel и Xerox, решив создать стандартный продукт со скоростью передачи 10 Мбит/с, вернулись к названию Ethrnet. Затем IEEE (Институт инженеров по электротехнике и электронике, США) развернул стандартизацию сетевых приложений, завершившуюся в 1983 г. знаменитым стандартом IEEE 802.3 на Ethernet.

#### *Первый этап стандартизации*

Основы построения сетей Ethernet определяются стандартом IEEE 802.3., а именно: спецификациями 10 BASE-2 – Ethernet на тонком коаксиальном кабеле, 10 BASE-5 – на толстом коаксиальном кабеле. В 1990 г. выпущена спецификация 10 BASE-T – Ethernet на витых парах. Последняя разработана в связи с тем, что многие здания имели кабельную проводку с витыми парами, проложенными для цифровой телефонной связи. Этим завершился первый этап стандартизации.

Капитальная (на толстом коаксиале) сеть Ethernet, имеющая топологию шины, с темпом передачи 10 Мбит/с, требует специального, т. н. «желтого» кабеля. Она содержит трансиверы (приемопередатчики), установленные на самом кабеле с помощью «вампилов» – врезаемых в кабель съемников, к которым и крепятся трансиверы. Последние соединяются с рабочими станциями (компьютерами) отдельным кабелем доступа со специальными разъемами. Сегмент (участок) такой сети Ethernet имеет длину до 500 м и включает до 100 устройств.

Сеть Ethernet на тонком коаксиальном кабеле более мобильна, удобна в строительстве и эксплуатации. При том же темпе передачи (10 Мбит/с) она базируется на более легких кабелях и разъемах. Рабочие станции имеют встроенные в адаптеры (сетевые платы) трансиверы, а весь монтаж очень прост – соединения производят прямо на задней стенке компьютера. Длина сегмента может быть до 185 м; при этом можно подключить до 30 устройств. Известны случаи нормальной работы сети при длинах сегментов 300 и более метров. Последовательно можно соединить до трех сегментов, а между ними еще включить две соединительные линии. Участки сети Ethernet на

тонком кабеле могут подключаться к сети на толстом кабеле для формирования большей сети.

В отличие от описанных выше сетей на толстом и тонком коаксиальных кабелях, сеть Ethernet на витых парах имеет топологию звезды. Компьютеры присоединяют с помощью сегментов из витых пар к концентратору-коммутатору. Длина сегмента до 100 м. Такая конфигурация упрощает подключение новых рабочих станций и делает их более независимыми друг от друга. Следует помнить, что между двумя компьютерами в сети Ethernet должно быть не более пяти кабельных сегментов, включая соединительные линии между концентраторами.

**Кабели.** В описанных выше сетях Ethernet характерно применение всего двух видов кабельной продукции: коаксиальных кабелей («желтого» и тонкого, типа RG-58C/U) и симметричных кабелей с витыми парами (к концу первого этапа разработана Категории 3). Это вызывает по крайней мере недоумение, т. к. в каталогах ведущих кабельных фирм много различных других кабелей для локальных сетей, но они в наиболее массовых сетях практически не употребляются.

**Соединители.** В сетях Ethernet на коаксиальных кабелях используются коаксиальные соединители: для сетей на толстом кабеле – соединители типа N (7/3 мм), на тонком кабеле – BNC (байонетного типа). Кроме того, имеются Т-коннекторы (тройники) и терминаторы (оконечные нагрузки), тоже коаксиального исполнения. Довольно быстро распространился монтаж с помощью обжимных соединителей. Кабели между собой сочленяют с помощью соединителя баггел (мы называем «гнездо-гнездо»), но применять такие переходники следует как можно реже. Лучше всего между рабочими станциями включать цельные, неразрезанные отрезки кабеля.

В сетях Ethernet на витых парах применяют соединитель типа RJ45, который заделывают на кабель из витых пар, монтируют на сетевые платы, встраивают в корпуса аппаратуры и в стенные розетки. В соединителе имеется 8 контактов, к которым и присоединяют 8 проводов от четырех пар. В сети Ethernet, как правило, используют только 2 пары. К окончанию первого этапа распространились разъемы с врезными контактами.

### ***Ethernet и медная проводка***

Проследим, каким образом взаимодействуют в процессе развития Ethernet и медные кабельные системы (рис. 8-1). В 1990 г. была выпущена спецификация на Ethernet, работающий по витым парам (IEEE 802.3, 10Base-T). До этого долгие годы Ethernet действовал по



Reproduced By GLOBAL  
ENGINEERING DOCUMENTS  
With The Permission of EIA  
Under Royalty Agreement



ANSI/EIA/TIA-568-1991  
APPROVED: July 9, 1991

# EIA/TIA STANDARD

## Commercial Building Telecommunications Wiring Standard

---

### EIA/TIA-568

JULY 1991

---

ELECTRONIC INDUSTRIES ASSOCIATION  
ENGINEERING DEPARTMENT



Рис. 8-2. Первый стандарт на СКК

коаксиальным кабелям. По замыслу новый Ethernet должен был функционировать на распространенной в то время телефонной проводке из витых пар (речь идет о США). Поскольку стандартов на такие кабельные системы еще не существовало, американские организации EIA/TIA (Ассоциация электронной промышленности / Ассоциация промышленности средств связи) в быстром темпе разработали стандарт EIA/TIA-568 1991 г. на компьютерную проводку (рис. 8-2). Несколько позднее те же организации выпустили два технических бюллетеня (TSB-36 и TSB-40) на компоненты проводки (линейные кабели и соединительное оборудование) Категорий 3, 4 и 5, со спецификациями на рабочие полосы 16, 20 и 100 МГц соответственно. Появление этих документов стимулировало работы по кабельным системам Категории 5, завершившееся выпуском стандартов на такие проводки.

Взрывоподобное создание кабельных систем Категории 5 произошло между 1992 и 1995 гг. В 1995 г. были опубликованы сразу три стандарта на компьютерную проводку: TIA/EIA-568-A, ISO/IEC 11801 и CENELEC 50173 (США, Международный и Европейский соответственно). Практически одновременно IEEE выпустил свою спецификацию 802.3u 100Base-Tx на приложение со скоростью передачи в сети 100 Мбит/с (Fast Ethernet), работающее по проводке Категории 5.

Выход этих стандартов и спецификаций подводил итог длительному периоду расцвета сетей и проводок, довольно памятного всем. Но уже зрели замыслы еще более скоростных сетей: в 1996 г. образована организация Gigabit Ethernet Alliance, нацеленная на создание приложения со скоростью передачи данных 1000 Мбит/с. В связи с этим были предприняты попытки модернизировать Категорию 5, в результате чего появилась спецификация TIA/EIA на «улучшенную» Категорию 5 (Категорию 5e). Gigabit Ethernet удалось уложить в прокрустово ложе этой Категории, и в 1999 г. вышла спецификация IEEE 802.3 ab 1000Base-T, которую правильнее было бы именовать 1000Base-T4, так как в данной сети передача и прием идут одновременно по всем четырем парам, в полном дуплексном режиме.

Развитие кабельных систем на этом не остановилось. Вдохновленные успехами, разработчики принялись за создание Категории 6, с рабочей полосой 250 МГц. Задача была поставлена в 1997 г., а уже в 2002 г. вышел стандарт на проводку Категории 6 TIA/EIA-568-B. На ней, конечно, значительно выгоднее будет себя чувствовать и существующий Gigabit Ethernet 1000Base-T, но есть надежда на скорое создание нового приложения – 10Gigabit Ethernet. В печати такие сообщения имеются, со ссылкой на разработчиков подобных технологий.



Заметим, что одновременно выпущены стандарты на Категорию 7 (полоса 600 МГц, экранированные кабели, с индивидуальными экранами на каждой из четырех пар), позволяющие приложениям Gigabit Ethernet свободно работать двум парам. Более того: могут быть созданы приложения, намного более скоростные, чем Gigabit Ethernet, но это уже последующая история. Сейчас же мы имеем Категорию 6 (с полосой 250 МГц) и Категорию 7 (с полосой 600 МГц), которые требуют многочисленных усилий по их освоению. В то же время специалисты по кабельным системам ведут разработку Категории 8, с рабочей полосой 1200 МГц.

### *Эволюция способов доступа*

В начале восьмидесятых годов прошлого века в сетях Ethernet был распространен очень сложный доступ к физической среде. На коаксиальный кабель одевалось вручную специальное приспособление, содержавшее иглу для прокалывания коаксиального кабеля, – «вампир». Игла касалась центрального проводника кабеля и обеспечивала передачу сигналов в устройство внешнего доступа (AUI). Оно, в свою очередь, через многожильный кабель соединялось с рабочей станцией, куда и передавались преобразованные данные. Подключиться к коаксиальному кабелю можно было практически в любом месте. Такой способ доступа использовали, когда средой передачи служил толстый кабель, он требовал сложной ручной работы и квалифицированного персонала.

Появившийся позже в локальных сетях тонкий коаксиал не позволял такого способа доступа, и тогда было создано тройниковое соединение. В том месте, где необходимо подключиться к среде, тонкий коаксиальный кабель разрезали, а получившиеся концы армировали коаксиальными разъемами байонетного типа (BNC). Эти разъемы, в свою очередь, присоединяли к тройнику (Т-коннектору), который подключали к рабочей станции. Такой способ был проще и требовал значительно меньше ручной работы. Несмотря на появление нового способа доступа, сетевые адаптеры еще долгое время выпускались с двумя входами – AUI и BNC, позволявшими использовать их в сетях как с толстым, так и с тонким коаксиалами.

Дальше произошло следующее. С принятием стандарта EIA/TIA-568 остались только четыре среды для компьютерных сетей: скрученные (витые) пары с волновым сопротивлением 100 и 150 Ом, тонкий коаксиал и оптоволокно. Так как в этом стандарте для телефонных сетей предназначались только витые пары, постепенно тонкий коаксиал был вытеснен из компьютерных сетей. В стандарте

TIA/EIA-568-A тонкий коаксиал оставался только для ремонта действующих сетей; в новом строительстве его не применяли. Из следующей версии стандарта, TIA/EIA-568-B, витая пара с волновым сопротивлением 150 Ом также исчезла, и остались только два типа направляющих: витая пара и оптическое волокно. Все же адаптеры еще многие годы выпускали с двумя входами – BNC и RJ45 (для витых пар). И лишь в последнее время сетевые карты стали изготавливать только с одним портом – восьмиконтактным RJ45.

Значительная эволюция произошла с соединителями RJ45 за этот период. Вначале применялись простые разъемы Категории 3, предназначенные еще для телефонии. Рабочая полоса частот была в то время до 10–20 МГц. Неудачный, с моей точки зрения, выбор номеров контактов в соединителе (1–2, 3–6) для Ethernet привел к перехлесту проводов в разьеме. Это, в свою очередь, потребовало усложнения конструкции соединителя – применения рамок, компенсирующих этот перехлест. В то же время высокие Категории кабелей требовали утолщения изоляции проводов – последние перестали помещаться в традиционном разьеме. Все вышесказанное привело к модификациям соединителя как для Категории 5, так и для Категории 6.

Подключение компьютера к сети через сетевую плату (адаптер) происходит с помощью черырехпарного шнура, оконцованного разьемами RJ45. В настоящее время самостоятельное ручное оконцевание шнуров не допускается. Связано сказанное с тем, что за последние 10 лет это изделие претерпело значительные улучшения и стало прецизионным продуктом. Влияют на качество такие тонкости, которые стали невозможны при ручной заделке. Таким образом, ручная работа по осуществлению доступа к сети за прошедшее время сведена к минимуму. Мы видим, что доступ к сетевой проводке значительно упростился: вместо большого объема ручной работы в сетях на толстом коаксиале (в начале развития этой технологии) теперь требуется только вставить восьмиконтактный разъем в розетку.

### ***Ethernet и оптическая проводка***

Первый стандарт IEEE 802.3j (1993 г.) на Ethernet по оптике (10Base-FL) получил незначительное распространение из-за дороговизны в то время оптических компонентов (табл. 8-2). Последовавший за ним IEEE 802.3u (1995 г.) Fast Ethernet (100Base-FX) постигла та же судьба. Новая попытка широко внедрить Ethernet по оптической проводке имела место в 1998 г. – IEEE 802.3z (1000Base-SX; 1000Base-LX), но и она в значительной мере перекрыта выходом в 1999 г. стандарта IEEE 802.3ab – Gigabit Ethernet по четырехпарным

медным кабелем (250 Мбит/с по каждой паре). Надо заметить, что к этому времени и оптические кабели, и оптоэлектроника сильно подешевели, что привело к большому распространению сетей на оптической проводке. Последовавшее через четыре года (июнь 2002 г.) принятие стандарта IEEE 802.3ae (1000Base-SX) проложило широкую дорогу для 10 Gigabit Ethernet (10Gig E) по оптической проводке.

На последовательную серию стандартов IEEE 802.3 организации по стандартизации структурированных кабельных систем ответили чередой своих стандартов, узаконивших оптическую проводку для локальных сетей. Повторим, что в исходном стандарте EIA/TIA-568 волоконно-оптической проводке уделено лишь небольшое место. Вышедшая затем серия стандартов 1995 года содержала развернутые спецификации по оптическим системам: В TIA/EIA-568-A – большой раздел, с методами испытаний отдельных компонентов, а в ISO/IEC 11801 и EN 50173 – в значительно меньшем объеме. В США в апреле 2000 г. утверждена уже отдельная часть стандарта TIA/EIA-568-B.3: Optical Fiber Cabling Components (волоконно-оптические компоненты проводки).

В 2001 г. утвержден стандарт TIA/EIA-785, касающийся сети Fast Ethernet по оптоволокну, работающей на короткой волне 850 нм – 100Base-SX. Он стимулировал развитие локальных сетей с недорогой электроникой, основанной на светоизлучающих диодах. В начале 2003 г. принято дополнение к этому стандарту, направленное на дальнейшее удешевление горизонтальных систем с применением оптических проводок (табл. 8-3).

До этих событий оптика применялась, в основном, в вертикальных подсистемах и междомовых магистралях. С принятием стандартов на приложения Gig E и 10Gig E, работающих по оптической проводке, наблюдается значительный рост применения оптических

Табл. 8-3. Стандарты на Ethernet по оптическому волокну

| Стандарты   | Спецификации            | Год выпуска | Длина волны |
|-------------|-------------------------|-------------|-------------|
| IEEE802.3j  | 10Base-FL               | 1993        | 850         |
| IEEE802.3u  | 100Base-FX              | 1995        | 1300        |
| IEEE802.3z  | 1000Base-SX             | 1998        | 850         |
| IEEE802.3z  | 1000Base-LX             | 1998        | 1300        |
| IEEE802.3ae | 10000Base-SX            | 2002        | 850         |
| TIA/EIA-785 | 100Base-SX              | 2001        | 850         |
| TIA/EIA-785 | 100Base-SX (дополнение) | 2003        | 850         |

кабелей в локальных сетях. Одновременно Ethernet стали использовать и на сетевых магистралях для передачи больших потоков на значительные расстояния.

*Оптоволокно.* Все последнее десятилетие в локальных сетях Ethernet использовались только две конструкции многомодовых оптических волокон, с размерами 50/125 мкм и 62,5/125 мкм (первое число – диаметр сердцевины, второе – диаметр оболочки). По этим волокнам сигналы передаются на длинах волн 850 нм и 1300 нм. Был период, когда казалось, что волокно 62,5/125 вышло на первые роли, но в последнее время почти повсеместно в локальных сетях используют волокно 50/125. Дело в том, что у этого волокна широкополосность почти в два раза больше, чем у волокна 62,5/125. Те преимущества, которые выявило волокно 62,5/125 вначале, со временем сошло на нет, а широкополосность оказалась важной характеристикой. Так, в стандарте США TIA/EIA-568-A (1995 г.) волокно 50/125 даже не упоминается, а уже в TIA/EIA-568-B (2000 г.) есть оба варианта, и присутствуют они на равных. Все последние Ethernet-приложения предусматривают свою работу по оптоволокну 50/125 мкм. По существу, этот тип волокна становится основным для внутренних проводок локальных сетей. Во внешних частях кабельных сетей наибольшее применение находит одномодовое волокно.

*Соединители.* До недавнего времени в сетях Ethernet практически повсеместно использовался оптический коннектор типа SC. Он вошел во все стандарты 1995 г. на структурированные кабельные системы, имеет насадку диаметром 2,5 мм и внутреннюю защелку, существует в одинарном и двойном исполнении. Фактически SC стандартизован как основной соединитель для локальных сетей Ethernet. Многомодовый и одномодовый варианты соединителя имеют различную окраску корпуса: серый или бежевый – для первого и голубой – для второго типа волокна.

В последние несколько лет получил распространение малогабаритный соединитель типа LC. В нем применен наконечник диаметром 1,25 мм, защелка с внешним рычагом, а по габаритам он почти в два раза меньше, чем SC. Так как в локальных сетях используется двухволоконная горизонтальная проводка, получается полная взаимозаменяемость по числу портов в панелях переключений – для медной проводки и для волоконно-оптической проводки: на место одного гнездового модуля RJ45 можно вставить два разъема LC. Более того – выпускаются унифицированные панели, откуда можно просто вынуть модуль RJ45 и на его место вставить модуль со сдвоенным малогабаритным соединителем LC.

### *Ethernet и промышленная проводка*

Условия эксплуатации компьютерных сетей в промышленности значительно отличается от тех, которые имеют место в офисных помещениях. Обсуждение вопросов использования Ethernet в промышленной автоматике началось довольно недавно, всего несколько лет тому назад. Новый альянс по промышленному применению информационных сетей IAONA (Industrial Automation Open Networking Alliance) получил международное признание и сотрудничает с организациями по стандартизации. Этот альянс вырабатывает требования к кабельной системе и к элементам проводки. И проектировщики, и монтажники получают от него технические требования к подобным системам, с учетом жестких условий промышленной эксплуатации. В них учтены принципы построения структурированных кабельных систем, изложенные в стандартах EN 50173-1 и IEC 11801:2002.

В документах IAONA определены классы сред эксплуатации: Light Duty и Heavy Duty. Класс Heavy Duty – в производственных помещениях с тяжелыми условиями – пыль, пониженные или повышенные температуры, присутствие агрессивных газов и жидкостей. Эти же технические документы определяют требования к кабелям и соединителям, из которых собирается кабельная система.

*Кабели.* В разрабатываемом стандарте EN 50173-3 (третья модификация европейского стандарта EN 50173) предполагается создать специальный раздел, касающийся промышленной проводки. К числу вопросов, рассматриваемых в этом разделе, относится и выбор оболочки кабеля как основного элемента защиты от окружающей среды, в частности – в сложных условиях.

Популярными материалами для оболочек по-прежнему остаются полиэтилен и фторопласт. Широко применяемый поливинилхлорид дешев, имеет хорошие противопожарные свойства и устойчив к воздействию масел и других химических веществ. Однако при горении поливинилхлорид выделяет токсичные газы, приводящие к удушью. Полиамид загорается быстрее, но при горении удушливые газы не выделяет. Он имеет хорошую стойкость к истиранию и высокую хладостойкость (от  $-60^{\circ}\text{C}$ ), поэтому годится для внешних магистралей и проводок к технологическому оборудованию. Полиуретан обладает положительными свойствами полиамида и вдобавок гибок и устойчив к воздействию агрессивных веществ. Область его рабочих температур ограничена диапазоном температур от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+85^{\circ}\text{C}$ , и он может использоваться в подвижном режиме.

*Соединители.* Разъемы для промышленных сетей Ethernet должны иметь электрические характеристики Категории 5e, высокую сте-

пень защиты от окружающих воздействий (на уровне IP67) и достаточную прочность.

В проекте стандарта IEC 61076-3-106 предложено несколько вариантов конструкции разъема, базирующегося на RJ45; отличие их только в исполнении корпусов. Еще один тип соединителя, M12, предлагается в стандарте IEC 61076-2-101. Традиционно он применялся для подключения датчиков и исполнительных механизмов в автоматике, т.е. от него не требовались высокочастотные параметры при передаче информационных сигналов. К сожалению, до настоящего времени не удалось создать восьмиконтактный разъем на базе M12 с характеристиками Категории 5е. Поэтому рабочая группа выбрала четырехконтактный вариант, достаточный для функционирования Fast Ethernet (100Base-Tx).

Для волоконно-оптических систем исследования еще так далеко не продвинулись. Рекомендуется пока опираться на соединители типа SC и LC, описанные в предыдущем разделе, с применением герметизации, и вести их дальнейшую доработку для промышленных систем. Стандартизация подобных оптических соединителей намечена и развивается.

### *10Gigabit Ethernet по витым парам*

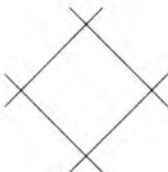
В процессе работы над Категорией 5е выяснилось, что параметры компонентов проводки могут быть значительно, кардинально улучшены. Таким вот образом и появилась Категория 6, возможность создания которой до 1996 г. почти не рассматривалась. Более того, в то время была предложена совершенно другая «Категория 6», в которой использовали дважды экранированные кабели: индивидуальный экран на каждой паре плюс экран всего сердечника (PiMF). Эта «Категория 6» продвигалась в Германии – были уже разработаны соответствующие кабели (Siemens) и соединители (AMP Netconnect). Собранная из них проводка имела рабочую полосу до 600 МГц, но ее функционирование было возможно только по крайним контактам экранированного соединителя.

В стандартизованной позднее проводке, получившей наименование Категории 6, индивидуально экранированные пары не применялись и, кроме того, использовался модернизированный соединитель RJ45, хотя в начале разработки возможность его использования в новой Категории вызывала сомнение. Таким образом, эволюционным путем, без радикальных изменений кабелей и соединителей, удалось создать кабельную систему с полосой пропускания в 2,5 раза большей, чем у Категории 5е. Напомним, что улучшение алгоритмов ко-

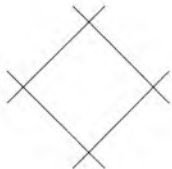
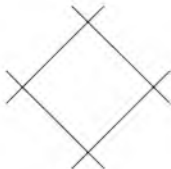
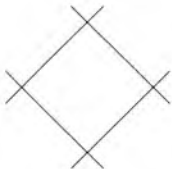
дирования и рост параметров проводки позволили увеличить производительность сетей Ethernet по проводке Категории 5e в 10 раз за период в 4–5 лет.

С формированием в 2002 г. группы по изучению возможностей создания сети 10Gigabit Ethernet по медной проводке (IEEE 802.3 10GBASE-T Study Group) комитет IEEE 802.3 фактически приступил к разработке соответствующего стандарта. На одном из заседаний Study Group одобрила серию предложений по тракту для 10Gigabit Ethernet, основанному на проводке Категории 6. В частности, длина такого тракта будет находиться в пределах 55–100 м, а его широкополосность должна составлять 625 МГц. Study Group обязалась поддерживать связь с организациями по стандартизации кабельных систем TIA/EIA и ISO/IEC для разработки соответствующих спецификаций.

На ноябрьской встрече 2003 г. Комитет IEEE 802.3 дал зеленый свет разработке проекта стандарта 10GBASE-T, в котором впервые будут востребованы характеристики проводок, превосходящие Категорию 6. Целью проекта является завершить разработку стандарта 10GBASE-T в 2006 г. Комитет IEEE 802.3 единогласно поддержал формирование рабочей группы «802.3 an» для разработки стандарта 10GBASE-T в сжатые сроки. Большинство участников Комитета IEEE 802.3 уверено, что одновременное создание необходимых микросхем и кабельной системы с гарантированным запасом по характеристикам, превосходящим Категорию 6, сделает реальной передачу 10 Гбит/с через эффективную по стоимости проводку из витых пар. Принятие стандарта 10GBASE-T намечено на июль 2006 г.



*Часть III.*



---

# МУЛЬТИМЕДИЙНЫЕ КАБЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ



# Коаксиальная распределительная система

В многоэтажных зданиях прокладывают, в основном, два типа информационной проводки – коаксиальную и симметричную. Первый тип кабельных систем применяют, как правило, в жилых зданиях, а второй – в административных (офисных) зданиях. Возникает следующая проблема: как по коаксиальной проводке передать, кроме сигналов телевидения, скоростной Интернет в квартиры пользователей? И наоборот: как в офисном здании по симметричной проводке, дополнительно к передаче данных, организовать телевидение?

Некоторые существующие решения изложенной проблемы предлагаются ниже. Сначала рассмотрены способы мультимедийной разводки по жилым зданиям, а затем (в следующей главе) излагаются приемы передачи сигналов по симметричной проводке административных (офисных) зданий.

## 9.1. Широкополосная коаксиальная проводка

За последнее время в России создано множество гибридных волоконно-коаксиальных сетей (HFC). Широкополосность этих сетей огромна: полоса пропускания доходит до 1500 МГц, а в распределительном сегменте достигает 2500 МГц.

Построенные гибридные сети отличаются тщательным проектированием магистральной части, но недостаточной проработкой внутридомовой разводки. Эти и понятно: компании, строящие сети, обращают внимание на магистраль, а разводку делают, как правила, уже операторы сетей. Новинкой в развитии этого направления является гибридная сеть с пассивным коаксиальным сегментом. По таким коаксиальным сетям распределяются телефон, телевидение и Интернет.

Любопытная метаморфоза произошла в последнее время с одним из основных сервисов на гибридных сетях. Вначале подобные сети сплошь ориентировались на развитие местной телефонии, но гло-

бальное наступление мобильной связи в корне подорвало это направление, имевшее целью «второй телефон» в семье.

В данном разделе рассматривается домовая коаксиальная разводка, с акцентом на распределение Интернета. Заметим, что число пользователей «кабельного Интернета» в США и Канаде составляет 25 % от общего числа подключенных к сети. Это говорит о хорошо развитой инфраструктуре кабельных сетей, которые уже давно служат не только для трансляции телевидения. Выделение ТВ-каналов на подобной сети не обсуждается, так как этой проблеме посвящены специализированные издания по кабельному телевидению.

### *Интерактивные сети*

Интерактивными называются сети кабельного телевидения с обратным каналом, по которому зрители могут общаться с телевизионными службами. При работе таких сетей в прямом, «нисходящем» потоке, в полосе 48–862 МГц, передаются телевизионные сигналы и образуются телевизионные каналы. В обратном, «восходящем» от абонента потоке, в полосе 5–42 МГц, передаются запросы на фильмы и другую информацию, сигналы Интернет, работают различные службы. Некоторые компании на недавних выставках впервые предлагали всю гамму оборудования для интерактивных сетей. Из бесед со специалистами на этих выставках стало ясно, что такие сети приобретают практический характер, могут создаваться и эксплуатироваться, а ряд проектов реализуется на практике. Демонстрировались проекты как на коаксиальных, так и на оптических кабелях, а также – гибридные, коаксиально-оптические, применяющие оба типа кабелей. На *рис. 9-А* (на цветной вкладке) дана примерная схема сегмента интерактивной сети, где показан высокоскоростной доступ в Интернет. Из представленных здесь трех вариантов доступа в Интернет в рамках данного раздела нас больше других интересует доступ по коаксиальному кабелю, непосредственно стыкующийся с домовой коаксиальной проводкой.

Устройства, присутствующие во многих проектах – так называемые «кабельные модемы». Они позволяют подсоединять компьютеры (и другое домашнее оборудование) к интерактивной сети. Напомню, что коаксиальная сеть на входе имеет обычно коаксиальный 75-омный соединитель, в то время как компьютер или локальная сеть – порт RJ45, т. е. модульный восьмиконтактный соединитель. Для преобразования цифровых сигналов, идущих через порт RJ45, в аналоговые, поступающие на коаксиальный 75-Омный порт, и служат «кабельные модемы».

Более сложное устройство, называемое «домашним терминалом», позволяет не только преобразовывать сигналы, но и подключать к нему другие домашние приборы, для управления ими как с компьютера, так и по сети. Таким образом, «домашний терминал», включенный в интерактивную сеть, превращается в домашний центр связи. Естественно, что к нему же подключается и телевизор, на который можно выводить различные телевизионные службы по коаксиальной сети.

В ближайшие годы интерактивные широкополосные сети составят конкуренцию другим системам доступа в Интернет, особенно – в скоростной. Кроме того, операторы кабельного телевидения планируют предоставлять по ним услуги интерактивного телевидения. Широкополосность сетей, в особенности с переходом на цифровое телевизионное вещание, без сомнения позволяет все это сделать. Наибольший интерес представляет коаксиальный доступ к широкополосным интерактивным сетям, так как практически все здания оборудуются теперь коаксиальной проводкой.

Городская гибридная волоконно-коаксиальная сеть обеспечивает одновременно телевидение, телефон, Интернет. Поддержка этих сервисов по единой сети дает экономию кабельной продукции, т.к. именно кабельные изделия требуют основных затрат при построении городских сетей связи. Ряд традиционных медных кабелей теперь уже не прокладывают, а вместо них используют оптические кабели. При развитии гибридных сетей все большая их часть будет выполняться на оптических кабелях, приближая оптику к жилым и административным зданиям, с максимальным использованием существующей кабельной канализации и других сооружений связи.

### ***Коаксиальная проводка***

До недавнего времени в зданиях были широко распространены следующие типы информационной проводки: телефонная, радиовещательная и телевизионная (последняя – практически без розеток и без обратного канала). В новых зданиях получили также развитие компьютерная проводка, пожарная и охранный сигнализация. В настоящее время широкополосная коаксиальная телевизионная проводка приобретает современный вид, с встроенным обратным каналом и с возможностью доступа в Интернет через кабельный модем.

Надо заметить, что освоение «смежных профессий» началось с телефонных сетей: лет 20 назад по ним стал функционировать телефакс, а потом – электронная почта и Интернет. Так что принципиально нового в том, что по телевизионным сетям работает Интер-

нет, вообще-то нет. Важна скорость передачи, которая по телевизионным сетям в сотни раз выше, чем по телефонным.

На каждый из упомянутых выше типов информационной проводки есть свой набор стандартов, своя монтажная документация и, как правило, специализированные монтажно-наладочные предприятия. Требования к телевизионной проводке нового поколения только еще вырабатываются, и самое время изложить существующее состояние дел на этом направлении развития локальных кабельных сетей. Особо это важно в связи с тем, что кабельные системы для телефонных и компьютерных сетей уже стали на ноги, оформились в виде стандартов и правил, а эти два типа информационной проводки находятся в тесном взаимодействии с телевизионной. Коаксиальные кабели проходят по тем же стоякам, желобам и коробам, что телефонные и компьютерные, и таким образом возникает проблема взаимоувязки при строительстве и реконструкции зданий.

В будущем возможно постепенное отмирание некоторых типов проводки (например, радиовещательной или телефонной) и развитие новых типов (например, оптоволоконной). В данном разделе рассмотрена коаксиальная проводка с полосой 5–862 МГц (с возможностью расширения до 2150 МГц), по которой могут работать следующие службы:

1. Общественное телевидение.
2. Охрана помещения и контроль доступа.
3. Телефонная (голосовая) цифровая связь.
4. Видеонаблюдение (телекамеры).
5. Пожарная и охранная сигнализация.
6. Управление освещением и отоплением.
7. Интернет, видеоконференции.
8. Видео по заказу.
9. Платное телевидение.
10. Учет тепло-водо-энергоснабжения.

Структура традиционной коаксиальной проводки выглядит следующим образом (рис. 9-В на цв. вкладке). На крыше здания находятся антенны эфирного и спутникового телевидения. В помещениях, расположенных под крышей (или несколько ниже), размещается головная телевизионная станция, обслуживающая здание или комплекс зданий. Сюда же подходит магистраль кабельного телевидения и здесь же устанавливаются домовые широкополосные усилители.

Сверху вниз по зданию проходит распределительный коаксиальный кабель, который заканчивается резистором 75 Ом (чтобы в линии не возникало отражений). От распределительного кабеля через

разветвители делаются отводы к квартирам абонентским кабелем, который заделывают в абонентские розетки. Ниже описаны конструкции кабелей и характеристики разветвителей и розеток для коаксиальной широкополосной проводки.

### ***Некоторые требования к телевизионной проводке***

В настоящее время технические требования к телевизионной проводке нового поколения еще только устанавливаются. В частности, идет разработка стандарта EN 50083 CENELEC (Комитет европейской стандартизации в области электротехники).

Некоторые нормы, закрепленные этим и другими стандартами, приводятся ниже.

1. Уровни сигналов на выходе абонентской телевизионной розетки: минимальный 60 дБмкВ, максимальный 80 дБмкВ.

2. Перекос уровней сигналов для различных телевизионных каналов на выходах розетки: в диапазоне 47...862 МГц – не более 12 дБ, в любой полосе шириной 60 МГц – не более 6 дБ, на соседних телевизионных каналах – не более 3 дБ.

3. Развязка между выходами абонентских розеток должна быть не менее 42 дБ (36 дБ – для систем с растром каналов 8 МГц). Несоблюдение этого требования приводит к проникновению помех от гетеродинов телевизоров во входные цепи соседних ТВ и радиоприемников.

4. Соотношение сигнал/шум на выходе розетки не должно быть меньше 43 дБ.

Чтобы обеспечить упомянутые выше характеристики телевизионной проводки, нужно прокладывать коаксиальные кабели с высокой степенью экранировки. Этот параметр особенно важен для тех мест, где уровень телевизионного сигнала очень высок, например, вблизи антенн телецентров. В подобных условиях затухание экранирования распределительных кабелей должно быть не менее 85...90 дБ. Для абонентских кабелей, прокладываемых внутри квартир, это требование – 75...80 дБ.

### ***Домовая распределительная сеть***

При существующей распределительной системе, основанной на коаксиальных кабелях, у абонента необходимо установить кабельный модем, выделяющий телевидение, телефон и Интернет из широкополосного потока (рис. 9-С). Опишем решение, базирующееся также на коаксиальной сети, но требующее установки на секцию жилого дома только одного терминала, вместо нескольких абонентских кабельных модемов (рис. 9-Д). При таком подходе сохраняется идео-

логия существующих сетей: в квартиры телевидение подается по обычной коаксиальной проводке, а телефония и Интернет поступают по хорошо себя показавшей симметричной проводке. Осуществление дополнительной симметричной проводки позволяет организовать домовую сеть Ethernet. Достигается большое удобство обслуживания всей сети – оно выполняется вне квартир, на распределительном щите, так же, как это делают сейчас в телевизионной сети. Вместо индивидуальных модемов в квартирах обслуживается один терминал на секцию.

Рассмотрим новый принцип разводки широкополосного сигнала по секции жилого дома (рис. 9-D). В центре секции (для 5-этажного дома – на верхнем этаже) оборудуют отсек связи, с единственным на всю секцию терминалом. Конечно, это более сложное устройство, чем индивидуальный модем: оно имеет намного большее число телефонных гнезд и выходов Интернета. При этом пункт обслуживания остается только один на всю секцию, а телевидение и Интернет будут разводиться по квартирам коаксиальными и симметричными кабелями, т.е. остальная система будет чисто пассивной. Разумеется, в этих условиях пункт связи (распределительный щит) должен быть оборудован как следует антивандальной защитой, сигнализацией, а также устройствами питания и дистанционного контроля. Для проводки почти везде окажется достаточно типового коаксиального кабеля класса RG6 и симметричного (витая пара) кабеля Категории 5 для доведения до квартир и разводки по квартирам. Такая схема полностью соответствует современным представлениям о кабельной системе и скорее всего в дальнейшем получит наибольшее распространение.

В данной новой системе распределения по стоякам идут коаксиальные и симметричные кабели. Разводка телевидения выполняется коаксиалами, а Интернета и телефона – витыми парами. В квартиру входят кабели обоих типов. Абонентские розетки могут монтироваться как по отдельности – для ТВ и Интернета, так и совмещенные, т.е. в одном корпусе могут находиться гнезда типа «F» или МЭК – для телевидения и порты RJ45 – для Интернета (см. рис. 9-D).

При необходимости по описанной проводке легко организовать домовую компьютерную сеть, так как все условия для этого уже будут: симметричные кабели заведены в отсеки связи (распределительные щиты), где также можно установить необходимое сетевое оборудование.

По такой домовой сети может работать как Ethernet и электронная почта, так и другие приложения.

### **Переход на топологию «звезды»**

Техника информационной проводки в жилых домах претерпевает в настоящее время коренные изменения. Если недавно наиболее распространенной топологией была «шина», то теперь на первый план постепенно выходит «звезда». Еще лет 10–15 назад только телефоны подключались отдельными парами проводов, а телевизоры и компьютеры присоединялись по «шинной» топологии. В последние годы и телевизоры, и компьютеры все чаще и чаще включают по «звездной» схеме, когда оконечные устройства подсоединяются отдельными кабелями. Сначала на эту топологию перешли компьютерные сети, а теперь переходят и телевизионные. Выше изложено промежуточное решение, когда компьютеры подключены по схеме «звезда», а телевизоры присоединяются к общей «шине» (рис. 9-D).

На рис. 9-E показана коаксиальная домовая система распределения, построенная по схеме «куста» («иерархической звезды»), где от усилителя-разветвителя кабели «ветками» («лучами») расходятся по квартирам. В каждой квартире устанавливается разветвитель, от которого новые «ветки» (новые «лучи») в свою очередь протягиваются к розеткам (второй уровень). При необходимости распределить информацию внутри отдельного помещения устанавливают дополнительные разветвители; этот будет уже третий уровень.

С переходом на топологию «звезды» потребление медных кабелей для домовой проводки значительно увеличилось. Это совпало по времени с уменьшением потребности в подобных кабелях для внешних сетей, так как там они быстро заменяются на оптические. Возможно, что именно данное обстоятельство и вызвало к жизни «звездную» схему в домовых информационных сетях. Кабельные заводы, оснащенные оборудованием для производства медных кабелей, некоторое время испытывали нехватку заказов, вызванную быстрой заменой электрических кабелей на оптические в магистральных линиях. С широким распространением «звездной» проводки в домовых распределительных сетях вероятность подобного дефицита заказов на кабельных заводах уменьшилась. За прошедшее время сами распределительные коаксиальные кабели резко улучшились и стали значительно дешевле.

### **Доступ в Интернет**

Большинство современных устройств для доступа в Интернет по коаксиальным сетям соответствуют стандарту DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification – Спецификация для службы передачи данных по коаксиальным кабелям). Имеются две основные вер-

сии этого стандарта: DOCSIS 1.0 и DOCSIS 2.0, по которым опубликованы Рекомендации Международного Союза Электросвязи ITU j.112 и j.122. Все ведущие производители оборудования (Cisco, 3Com, Bay Network, Ericsson, Motorola) выпускают кабельные модемы, соответствующие стандарту DOCSIS. Применительно к российским сетям более подходит версия этого стандарта Euro DOCSIS, так как она разработана согласно частотному плану, использованному в России.

Для доступа в Интернет по домовый коаксиальной сети нужны кабельные модемы, причем у абонента находится индивидуальный модем, а у провайдера – станция кабельных модемов (CMTS). Коаксиальные кабели, CMTS и абонентский модем образуют систему подключения пользователя к Интернет. Для доступа в Интернет и пользования другими интерактивными услугами в сети необходимо организовать восходящий поток (upstream), от абонента к головной станции. Кроме того желательно, чтобы компьютеры были объединены в локальную сеть Ethernet, т. к. подача столь мощного потока к единственному пользователю экономически невыгодна. Управление всей системой находится в головной станции кабельных модемов CMTS, расположенной у провайдера Интернет.

### *Выделение других услуг*

Устройства, выделяющие телефонию и Интернет на домовый сети, в настоящее время носят различные названия: домашний терминал, абонентский терминал, универсальный модем, кабельный модем и т.д. Это и понятно – отрасль широкополосных кабельных сетей довольно новая и терминология еще не устоялась. Назначение этих устройств достаточно прозрачно: выделить из широкополосного сигнала составляющие, относящиеся к отдельным службам.

Приведем примеры устройств, выделяющих на сетях телефонные каналы и каналы передачи данных. Компания ARRIS Interactive выпускает два типа терминалов: Touchstone Telephony Modem и Cornerstone Packed Port. Первое устройство имеет один порт RJ45, еще один порт USB (Universal Serial Bus) для передачи данных и два независимых порта RJ11 для подключения телефонных аппаратов. Второе содержит один порт RJ45 и четыре телефонных порта. Оба устройства работают в диапазонах частот: 88–862 МГц (вниз) и 5–42 МГц (вверх).

Компания ADC Telecommunications (США) разработала систему HOMEWORX, предназначенную для гибридных распределительных сетей. В нее входят ряд абонентских терминалов ISU (Integrated Service Unit). Эти устройства могут выделять телефонные каналы и каналы передачи данных из широкополосного потока. Терминалы



имеют различные порты: аналоговые телефонные, цифровые ISDN, RS232, Ethernet и поддерживают соответствующие службы.

Устройства HISU (Home ISU) рассчитаны на одну квартиру или коттедж и обеспечивают до 4 телефонов или 2 телефона и канал передачи данных. Многопользовательские устройства MISU (Multi-user ISU) рассчитаны на несколько десятков абонентов, т.е. на многоквартирный дом или на секцию многоэтажного дома, имеют порт Ethernet, 8 телевизионных портов, 4–12 телефонных портов (см. рис. 9-D). Кабельные модемы CME032 и CME040 позволяют оказывать различные услуги: подключать до 15 абонентов через Ethernet-концентратор и до двух телефонных аппаратов. Модель CME052 имеет специальный порт для организации обратного канала.

### *Мультимедийная проводка в жилом доме*

Представьте себе жильцов, самостоятельно прокладывающих водопровод и канализацию... Как правило, этого не бывает. А сложную информационную проводку – пожалуйста. Компании, работающие в этой области, строят только стояки (вертикальную часть кабельной системы), а проводку по квартире делают новоселы. Главная причина в том, что до сих пор неясно, какой должна быть информационная проводка в квартире: только коаксиальная, или еще и симметричная (для Интернета), сколько должно быть установлено в квартире розеток, в каких местах и т.д. К сожалению, разработчики систем не считают необходимым заниматься такой мелочевкой, как квартирная проводка.

Напомним, что лет 15 назад подобная ситуация наблюдалась с проводкой для локальных компьютерных сетей: ее клали каждый как хотел. К счастью, тогда появился стандарт США EIA/TIA-568 (1991 г.): он заставил привести в порядок кабельные системы офисных зданий. Теперь аналогичное положение дел в жилом секторе – нет стандарта, и кладут информационную проводку в зданиях как попало. А ведь именно она отвлекает львиную долю расходов на сеть.

К настоящему времени магистрали гибридной волоконно-коаксиальной сети во многих городах уже построены, но дальше распределять широкополосный сигнал нет возможности – распределительная система жилых зданий остается старой, неприспособленной к новым видам связи. Поэтому стоит при новом строительстве это предусмотреть и строить распределительные сети зданий с учетом указанного обстоятельства. Но полного осознания необходимости распределения широкополосных сигналов в обществе пока не наступило – свидетельствует об этом реакция на ее обсуждение в прессе.

Одна из сложных проблем – оплата внутриквартирной информационной проводки. Строители зданий монтировать широкополосную проводку не очень хотят: стандарта на проводку нет, а лишние расходы удорожают квартиры. Жильцы оплачивать сложную кабельную систему до въезда в квартиры не желают – много других, совершенно неотложных трат, а многоканальное телевидение и Интернет вполне могут подождать.

Известно, что ответственность за другие системы здания очень серьезная: без водопровода и канализации, обычного (малоканального) телевидения жилой дом в эксплуатацию не примут, а за широкополосную проводку пока еще никто не отвечает. И получается то, что теперь происходит с фасадами зданий: строители вылизывают каждый кирпич, каждый шовчик, а затем жильцы портят эти фасады, устанавливая спутниковые антенны и кондиционеры. То же происходит внутри квартир: только что оштукатуренные стены штробят и прокладывают разнообразную проводку.

В большинстве квартир нет нормальной коаксиальной проводки – просто торчит конец кабеля, идущего от этажного распределителя, с разъемом на конце. Ни розеток (тем более двояных), ни скрытой проводки, ни разводки по отдельным комнатам. В новых квартирах некоторые специалисты по кабельным системам сами сделали себе скрытую разводку и смонтировали розетки, а в других – кабели прибиты к стене скобками и, в лучшем случае, стоит одна розетка. В эту розетку включены, с помощью тройников, телевизор, кабельный модем, еще один телевизор...

Такое кабельное хозяйство для подключения к современной широкополосной сети совершенно непригодно и требует *коренной реконструкции*. При этой самой реконструкции могут быть применены две схемы: либо обычная коаксиальная проводка и отдельные кабельные модемы в квартирах (рис. 9-С), либо две проводки в квартире (коаксиальная и симметричная) и общий терминал на секцию многоподъездного дома или даже весь дом (рис. 9-Д). Можно предположить, что прогресс пойдет от единичного к общему, так как он шел в области антенного оснащения телевидения в жилых домах.

## 9.2. Коаксиальные кабели

За последние несколько лет требования к коаксиальным кабелям для телевидения в значительной степени выросли. Диапазон частот, в котором работают эти кабели, увеличен до 862 МГц, а часто и до 2150 МГц. Расширение полосы до 2150 МГц в некоторых коаксиаль-

ных системах обусловлено тем, что по ним, кроме обычного кабельного телевидения, одновременно передаются сигналы спутникового телевидения, после первого преобразования. Характеристика структурных возвратных потерь кабелей стала более плавной, чем была ранее. Резко возросли требования по климатическим и весо-габаритным характеристикам, последние – в связи с тем, что значительно улучшились параметры магистральных и домовых усилителей. Одновременно ужесточились требования к геометрическим размерам кабелей, т. к. применяются более совершенные соединители и муфты. Все это привело к созданию принципиально новой гаммы коаксиальных кабелей для телевидения.

Некоторые распространенные кабели представлены в *табл. 9-1*. Обращает на себя внимание, что теперь основным металлом для коаксиальных кабелей становится алюминий, вместо меди. Связано это со следующими обстоятельствами. Во-первых, меди в мире становится все меньше, а сама она – все дороже. Во-вторых, медь значительно тяжелее алюминия; кабели на основе алюминия меньше весят, их проще переносить и монтировать. И, наконец, алюминиевый внешний проводник довольно легко и плотно приклеивается к изоляции, что обеспечивает так необходимую продольную влагонепроницаемость кабеля. В сочетании все эти факторы привели к созданию легких, влагостойких и относительно дешевых магистральных, распределительных и абонентских кабелей, обеспечивающих широчайшую полосу частот.

У части абонентских кабелей (см. *табл. 9-1*) внутренний проводник выполнен из стальной проволоки, покрытой медью. Этот прием позволяет использовать его в качестве штыря разъема (в частности, типа F по американскому стандарту). Учитывая огромное количество используемых разъемов, в которых обычно применяют золоченые штыри, экономия при этом техническом решении значительна.

### ***Итальянские коаксиальные кабели***

Итальянские компании вложили большой труд в разработку коаксиальных кабелей. Элементы конструкции и технологические решения, как правило, запатентованы. Основной модификации подверглась изоляция – в нее внесены наибольшие изменения, с применением запатентованных приемов. Следует отметить большое разнообразие кабелей. Основные конструкции показаны на *рис. 9-1*) и описаны в *табл. 9-2*. Ниже рассмотрены конструктивные элементы.

**Внутренний проводник.** Для изготовления внутренних проводников применяется медная и (намного реже) сталемедная проволока. В изделиях под маркой CAVEL используется только высокоточная

Табл. 9-1. Коаксиальные кабели для широкополосной проводки в здании

| Компания-изготовитель<br>тип кабеля                 | Внутренний проводник                                | Изоляция<br>(диэлектрик)  | Внешний проводник   |   | Защитная оболочка                            |
|---|---|---|---|---|--|
|   |   |   | Первый слой   | Второй слой   |  |
| <b>TFC</b><br>TX10 15 SERIES<br>магистральный       | Алюминиевая проволока, покрытая медью, $d = 2,8$ мм | Вспененный газом полиэтилен с закрытыми порами, $d = 11,4$ мм         | Трехслойная алюмо-полимерная фольга с подклейкой, $d = 11,6$ мм | Оплетка из алюминиевой проволоки, $d = 12,4$ мм             | Полиэтилен или ПВХ, $d = 15$ мм              |
| <b>Pope</b><br>PRG11AI<br>распределительный         | Медная проволока, $d = 1,55$ мм                     | Вспененный полиэтилен, с заглаженной поверхностью, $d = 7,3$ мм       | Алюминиевая фольга, без подклейки, $d = 7,4$ мм                 | Оплетка из медной луженой проволоки, $d = 7,6$ мм           | Черный полиэтилен, $d \approx 10$ мм         |
| <b>SUMMIT</b><br>RG6<br>абонентский                 | Медная проволока, $d = 1$ мм                        | Вспененный полиэтилен, с заглаженной поверхностью, $d = 4,7$ мм       | Двухслойная алюмо-ПЭТ пленка, без подклейки, $d = 4,8$ мм       | Оплетка из алюминиевой проволоки (тонкой), $d = 5$ мм       | Белый ПВХ, $d = 6,7$ мм                      |
| <b>ASTACOM</b><br>RG6U SATELLITE<br>абонентский     | Медная проволока, $d = 1$ мм                        | Вспененный полиэтилен, с незаглаженной поверхностью, $d = 4,7$ мм     | Двухслойная алюмо-ПЭТ пленка, без подклейки, $d = 4,8$ мм       | Оплетка из медной (очень тонкой) проволоки, очень редкая    | Черный ПВХ, $d \approx 6,6$ мм               |
| <b>TFC</b><br>T10-6<br>абонентский                  | Стальная проволока, покрытая медью, $d = 1,02$ мм   | Вспененный полиэтилен, с заглаженной поверхностью, $d = 4,57$ мм      | Алюмо-полимерная фольга, приклеенная к изоляции, $d = 4,77$ мм  | Оплетка (редкая) из алюминиевой проволоки, $d = 5,3$ мм     | Белый или черный ПВХ, $d = 6,9$ мм           |
| <b>Belden</b><br>сдвоенный абонентский, для розеток | Медная проволока, $d = 0,85$ мм                     | Вспененный газом полиэтилен, с выглаженной поверхностью, $d = 3,4$ мм | Алюминиевая фольга, без подклейки, $d = 3,5$ мм                 | Оплетка из медной луженой проволоки, $d = 5 \times 10,5$ мм | Белый ПВХ, сдвоенная, $d = 5 \times 10,5$ мм |

Табл. 9-2. Конструкции и параметры

| ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИИ  | МАРКА КАБЕЛЯ     | для внутридомовой проводки |                            |
|---|------------------|----------------------------|----------------------------|
|   |                  | SAT50M (б)<br>SAT50MN (ч)  | SAT 700 (б)<br>SAT700N (ч) |
| Внутренний проводник  | диаметр, мм      | Cu<br>1,00                 | Cu<br>1,13                 |
| Электрическая изоляция  | диаметр, мм      | PEEG<br>4,80               | PEEG<br>4,80               |
| Внешний проводник:<br>ламинированная фольга<br>(степень покрытия)     | %                | Al/Pet<br>—                | Al/Pet/Al<br>100           |
| оплетка проволокой<br>(плотность заполнения)                          | %<br>диаметр, мм | CuSn<br>31<br>5,25         | CuSn<br>38<br>5,29         |
| Изоляционная пленка<br>/ Желейный наполнитель                         | диаметр, мм      |                            | Pet<br>5,32                |
| Защитная оболочка   | диаметр, мм      | PVC<br>6,60                | PVC<br>6,60                |
| Минимальный радиус изгиба при одно-<br>кратных / многократных изгибах | мм               | 35/70                      | 35/70                      |
| <b>ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ</b>  |                  |                            |                            |
| Волновое сопротивление  | Ом               | 75 +/-5                    | 75 +/-3                    |
| Емкость   | пФ/м             | 52 +/-3                    | 52 +/-2                    |
| Скорость распространения  | %                | 82                         | 85                         |
| Затухание при 20°C  |                  |                            |                            |
| 5 МГц   | дБ/100 м         |                            |                            |
| 50 МГц  | дБ/100 м         | 4,5                        | 4,3                        |
| 200 МГц   | дБ/100 м         | 8,4                        | 8,0                        |
| 470 МГц   | дБ/100 м         | 13,7                       | 12,7                       |
| 862 МГц   | дБ/100 м         | 18,8                       | 17,7                       |
| 1000 МГц  | дБ/100 м         | 20,4                       | 19,3                       |
| 1350 МГц  | дБ/100 м         | 24,0                       | 22,6                       |
| 1750 МГц  | дБ/100 м         | 27,8                       | 26,1                       |
| 2050 МГц  | дБ/100 м         | 30,4                       | 28,6                       |
| 2150 МГц  | дБ/100 м         | 31,1                       | 29,3                       |
| Возвратные потери   |                  |                            |                            |
| 30-470 МГц  | дБ               | >23                        | >23                        |
| 470-862 МГц   | дБ               | >20                        | >20                        |
| 862-2150 МГц  | дБ               | >18                        | >18                        |
| Экранное затухание в полосе частот 30-<br>1000 МГц                    | дБ               | >75                        | >75                        |
| Сопротивление внутреннего проводника                                  | Ом/км            | 22,5                       | 18,0                       |
| Сопротивление внешнего проводника                                     | Ом/км            | 29                         | 25                         |
| Испытательное напряжение  | кВ               | 3,0                        | 2,5                        |

итальянских коаксиальных кабелей

| для внутридомовой проводки        |   | для междомовой проводки           |   |                               |   |
|-----------------------------------|---|-----------------------------------|---|-------------------------------|---|
| DG163                             | TS 11 J   | 22/99FC                           | 22/99AP<br>с тросом                             | 34/1 45FC                     | 34/1 45AP<br>с тросом                           |
| Cu<br>1,63<br>PEEG<br>7,20        | Cu<br>1,63<br>PEEG<br>7,20                        | Cu<br>2,20<br>PEEG<br>9,90        |   | Cu<br>3,40<br>PEEG<br>14,50   |   |
| Al2S<br>100<br>CuSn<br>85<br>7,85 | Al2S<br>100<br>CuSn<br>65<br>7,84<br>Al/P<br>8,00 | CuPet<br>100<br>Cu<br>55<br>10,50 | трос<br>FeZn<br>7×0,80<br>нагрузка<br>до 500 кг | Cu<br>100<br>Cu<br>65<br>15,2 | трос<br>FeZn<br>7×0,80<br>нагрузка<br>до 500 кг |
| PE(PVC)<br>10,10                  | PE(PVC)<br>10,3                                   | PE(PVC)<br>12,70                  | петро желе<br>12,70×<br>18,50                   | PE(PVC)<br>19,8               | петро желе<br>19,80×<br>29,00                   |
| 100                               | 100   | 150                               |   | 250                           |   |
| 75 +/-2,5<br>53 +/-2<br>84        | 75 +/-2,5<br>52 +/-2<br>84                        | 75 +/-2,5<br>55 +/-2<br>82        |   | 75 +/-2<br>53 +/-2<br>85      |   |
| —                                 | 0,9   | 0,7                               |   | 0,4                           |   |
| 2,7                               | 2,8   | 1,9                               |   | 1,3                           |   |
| 5,6                               | 5,8   | 4,2                               |   | 2,7                           |   |
| 8,8                               | 8,9   | 6,6                               |   | 4,3                           |   |
| 12,3                              | 12,1  | 9,8                               |   | 6,0                           |   |
| 13,5                              | 13,0  | 11,1                              |   | 6,5                           |   |
| 15,9                              | 15,0  | 13,2                              |   | 8,5                           |   |
| 17,3                              | 17,2  | 15,8                              |   | 9,6                           |   |
| 18,7                              | 18,5  | 17,7                              |   | 10,7                          |   |
| 19,7                              | 19,0  | 18,2                              |   | 11,0                          |   |
| >23                               | >30   | >23                               |   | >26                           |   |
| >20                               | >28   | >20                               |   | >23                           |   |
| >18                               | >26   | >18                               |   | >21                           |   |
| >90                               | >110  | >85                               |   | >85                           |   |
| 8,7                               | 8,5   | 5                                 |   | 2,0                           |   |
| 9                                 | 8,3   | 8,5                               |   | 2,5                           |   |
| 8                                 | 8   | 8,0                               |   | 12,0                          |   |

медная проволока, что мотивируется необходимостью иметь низкое сопротивление петли, обеспечивающее качественное питание усилителей постоянным током. Надо заметить, что применение мягкой медной проволоки в качестве внутреннего проводника увеличивает срок службы и обеспечивает большую гибкость кабеля при прокладке и монтаже. Другие компании (Bieffe и Siva) иногда применяют медненую стальную проволоку.

Поясним необходимость применения твердой медной и стале-медной проволоки в качестве центрального проводника. В разъемах типа «F», широко распространенных в системах КТВ, центральный штырь отсутствует, а вместо него обычно используется внутренний проводник коаксиального распределительного кабеля. Таким путем получается значительная экономия в сетях из-за отсутствия штырей.

*Электрическая изоляция.* У многих изделий она выполнена из физически вспененного полиэтилена высокой плотности. Такой вспененный газом (а не химическим способом) диэлектрик содержит до 60 % воздуха и до 40 % полиэтилена, что и обеспечивает рекордно низкое затухание кабелей. Применение изоляции с высоким содержанием воздуха имеет еще одно преимущество: температурный коэффициент изменения параметров существенно уменьшился.

Технология физического вспенивания гарантирует четкое разделение воздушных пор в диэлектрике, что препятствует распространению влаги вдоль изоляции и обеспечивает дополнительную стабильность параметров на весь срок службы. В кабелях CAVEL на изоляцию наносят тонкий слой полиизобутилена (технология PIB), уменьшающий проникновение влаги в диэлектрик. Сочетание вспененной газом изоляции и технологии PIB обеспечивает важнейшее свойство кабелей: низкий темп старения под воздействием основных внешних факторов – температуры и влажности.

Физически вспененный диэлектрик по прочности не уступает сплошному полиэтилену, ранее использовавшемуся для изоляции коаксиальных радиочастотных кабелей. По этой причине кабели с физически вспененной изоляцией достаточно устойчивы к механическим нагрузкам, ударным повреждениям, многократным изгибам на минимальный радиус и остаются при этом достаточно гибкими. При деформации таких кабелей (кручении, изгибах, протягивании) их частотная характеристика (параметр SRL – структурные возвратные потери) не меняется. Обратим внимание на еще одну особенность кабелей с физически вспененным диэлектриком: они значительно легче изделий со сплошной изоляцией – большая ценность для монтажников и эксплуатирующего персонала. Наиболее распро-

страненная конструкция с физически вспененной изоляцией показана на *рис. 9-1.1* (компания Siva).

Компания Bieffe применяет технологию химического вспенивания диэлектрика. В то же время она использует специальное покрытие внутреннего проводника для того, чтобы не происходило отслоение изоляции. С наружной стороны пористый диэлектрик также имеет специальный (черный) защитный слой, стабилизирующий параметры кабеля. Как первый, так и второй технологические приемы, разработанные компанией Bieffe, запатентованы. Соответствующая конструкция представлена на *рис. 9-1.2*.



*Рис. 9-1.* Три наиболее распространенные конструкции коаксиальных кабелей для внутридомовой проводки



**Внешний проводник.** В большинстве кабелей применены двух-слойные внешние проводники: либо алюминиевая фольга и оплетка медной луженой проволокой, либо медная фольга и оплетка голой медной проволокой. Алюминиевая проволока, широко применяемая в американских и китайских кабелях, названными фирмами для изготовления оплетки не используется. В случае повышенных требований по экранировке в ряде конструкций применяется двойная оплетка. Фольга (как алюминиевая, так и медная) для прочности и гибкости ламинирована полимерной пленкой.

Описанное строение внешнего проводника, при его хорошей гибкости, позволяет достичь высоких показателей эффективности экранирования. Значения этого параметра, согласно фирменным каталогам, лежат в пределах 75...90 дБ, в зависимости от плотности (коэффициента покрытия) оплетки. Для оплетки плотностью 30...55 % характерна эффективность экранирования 75...80 дБ; для достижения более высокого экранирования (85...90 дБ) плотность оплетки должна составлять 75...95 %. Заметим, что оплетка медной проволокой прекрасно зарекомендовала себя в производстве, хорошо отработана и является необходимым техпроцессом большинства кабельных заводов. В то же время она обеспечивает высокую гибкость кабелей, а также возможность пайки при заделке заземлителей.

**Защитная оболочка.** В кабелях, как правило, используются пожаробезопасные пластикаты; в некоторых конструкциях применяются малодымные, не содержащие галогенов композиции. Последние почти не выделяют ядовитый дым, находясь в открытом пламени, поскольку в своем составе не содержат галогенов. Все это оказывается чрезвычайно важным при укладке кабелей в закрытых помещениях, особенно – с высокой плотностью заселения: больницах, отелях, школах, театрах, офисных зданиях, магазинах.

Магистральные кабели, прокладываемые в канализации, имеют между оплеткой и защитной оболочкой слой железнго заполнителя. Он необходим, чтобы уменьшить проникновение влаги под оболочку кабеля. При образовании трещин в защитной оболочке желе затекает в появившуюся щель и полимеризуется на воздухе, тем самым обеспечивая защиту кабеля от проникновения влаги и стабильность его характеристик в течение всего срока службы.

Температурные условия эксплуатации кабелей с разными защитными оболочками следующие: с оболочкой из поливинилхлорида (PVC) – от  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $+80^{\circ}\text{C}$ ; с оболочкой из безгалогенной композиции с низким дымовыделением (LSZH) – от  $-25^{\circ}\text{C}$  до  $+80^{\circ}\text{C}$ ; с оболочкой из светостабилизированного сажей полиэтилена – от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+80^{\circ}\text{C}$ .

*Воздействие эксплуатации.* По условиям применения коаксиальные кабели разделяются на подвесные (воздушные), подземные и для внутренней укладки в помещениях. Подвесные часто содержат стальной трос, заделанный в оболочку во время изготовления на производстве. Подземные кабели должны обладать высокой влагонепроницаемостью, как продольной, так и поперечной. Для достижения этого свойства применяют ряд приемов, состоящих в следующем. Обе поверхности изоляции (внутреннюю и внешнюю) покрывают слоем полимера, герметизирующим диэлектрик с двух сторон и не позволяющим влаге проникать в изоляцию. Часто пористый диэлектрик «приклеивается» к центральному проводнику с помощью слоя сплошного полиэтилена. В свою очередь, фольгированная пленка, входящая в состав экрана, также приклеивается к тому же диэлектрику, но с наружной стороны.

Следующая мера, применяемая, чтобы предотвратить распространение влаги вдоль изоляции – технологический прием, обеспечивающий разделение (несмыкание) пор в диэлектрике. Весь комплекс мер не позволяет влаге проникать в радиочастотный тракт (внутренний проводник – электрическая изоляция – внешний проводник) кабеля и сохраняет его параметры стабильными при любых внешних условиях на долгие годы.

*Электрические параметры.* Важнейшими факторами, определяющими потери сигнала при распространении, является чистота и стабильность исходных полимеров для получения изоляции, а также качество проводниковых материалов, используемых при изготовлении кабелей. Этому вопросу в итальянских коаксиальных кабелях уделяется большое внимание. Вследствие высокой степени наполнения изоляции газом коэффициент затухания таких кабелей ниже, чем у других конструкций.

Еще недавно коэффициент затухания кабелей для широкополосных распределительных систем задавался в полосе до 2 150 МГц. В новейших каталогах итальянских фирм приводятся значения этого параметра на частотах до 2 500 МГц – это свидетельствует о значительном росте частотного диапазона как эксплуатации, так и нормирования их характеристик. Основные параметры кабелей представлены в *табл. 9-2*.

Волновое сопротивление выпускаемых в Италии коаксиальных кабелей находится в пределах  $75 \pm 3$  Ом (для тонких конструкций) и  $75 \pm 2$  Ом (для более толстых). Эффективность экранирования для аналоговых систем – 75...80 дБ; для цифровых спутниковых систем (DIGITAL SAT) – 85...90 дБ. Относительная скорость распростране-

ния сигнала в кабеле, в зависимости от конструкции изоляции, составляет 80...85 % от скорости света.

При передаче по коаксиальному кабелю сигналов цифрового телевидения становится очень важным высокое экранное затухание, обеспечивающее защищенность сигнала от внешних помех. Особую роль эта характеристика играет при использовании сложной амплитудно-импульсной модуляции высоких порядков. По этой причине достигнутые ранее уровни экранировки (для аналоговых сигналов – до 75 дБ, для цифровых – до 90 дБ) перестают удовлетворять современным требованиям к спутниковым системам телевидения.

В последнее время разработана новая серия кабелей марки CAVEL, с особо высокой экранировкой: у некоторых изделий она составляет более 110 дБ. Общий вид такого кабеля показан на *рис. 9-1.3*. Изменения в конструкции внешнего проводника состоят в следующем. Теперь экран стал трехслойным (фольга – оплетка – фольга), а внешний слой фольги в области перекрытия («нахлеста») закорочен путем отгибания наружу внутреннего края фольгированной пленки. Таким способом достигается электрическая герметичность внешнего экранного слоя и затухание экранирования, превышающее на большей части частотного диапазона 5–2150 МГц величину 100–110 дБ.

### **Стандартизация коаксиальных кабелей**

В 1995–1996 гг. Европейским комитетом по стандартизации в электротехнике (CENELEC) выпущен стандарт EN50117 под названием Coaxial cables used in cabled distribution networks (Коаксиальные кабели, используемые в кабельных распределительных сетях). Он заложил основу нормативной документации на коаксиальные кабели, предназначенные для широкополосных мультимедийных сетей.

Стандарт EN50117 состоит из четырех частей: Часть 1. Общая спецификация; Часть 2. Методы испытаний и измерений; Часть 3. Групповая спецификация на распределительные и магистральные кабели. Часть 4. Спецификация на абонентские кабели. Прежде всего стандарт устанавливает размерный ряд диаметров по изоляции для распределительных и магистральных кабелей: 6,9; 8,8; 13,5; 19,4; 23 и 29 мм. В нем также узаконена рабочая область частот таких кабелей: 5...862 МГц, считавшаяся базовой в Европе до 1996 г.

Международная электротехническая комиссия (МЭК – IEC) также занимается стандартизацией коаксиальных кабелей для широкополосных распределительных сетей. Подкомитет SC46A этой организации обнародовал состав разрабатываемых стандартов. Они несколько отличаются от документов CENELEC, но структура остается преж-

ней. Проект стандарта, состоящий из шести взаимоувязанных частей, был одобрен в мае 2001 г. Затем в ноябре того же года подкомитет одобрил слияние двух серий стандартов: на коаксиальные кабели для локальных сетей (LAN) и на коаксиальные кабели для распределительных сетей (TV). В результате должна остаться одна серия стандартов, известная как IEC 61196. В настоящее время стандарты МЭК на коаксиальные кабели для распределительных сетей находятся в стадии обсуждения в странах-участницах МЭК. Когда указанное выше слияние двух серий стандартов произойдет, это будет означать переход на качественно новый уровень в международной стандартизации коаксиальных кабелей.

### 9.3. Разветвители и розетки

Коаксиальные разветвители используются как для всего дома, так и на этажах. Согласно распространяющейся в настоящее время схеме на каждом этаже устанавливают разветвитель (splitter) на два, четыре, шесть или даже восемь отводов. На *рис. 9-2* показан разветвитель компании WISI, имеющий восемь коаксиальных выходов. Подобные устройства позволяют распределить сигнал как по квартирам, так и по комнатам одной квартиры. В последнем случае телевизионный сигнал от домового усилителя лучше всего доставить до квартиры отдельным коаксиальным кабелем. При таком подключении каждая квартира на этаже фактически будет иметь индивидуальный ввод, что резко повышает качество сигнала. Особенно это важно при интерактивном режиме, так как дополнительные стыки в значительной степени ухудшают качество как прямого, так и обратного потоков.

Одной из наиболее важных характеристик разветвителей служит линейность их параметров во всем диапазоне частот. При много-

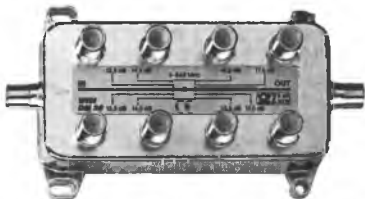


Рис. 9-2. Коаксиальный восьмипортовый разветвитель

этажной застройке количество пассивных устройств, включенных последовательно после домового усилителя, доходит до 15–25. Если при этом разветвители имеют невысокую линейность, то расчет сетей приходится выполнять не на одной, а на нескольких частотах. Кроме того, возможно, придется проводить специальную коррекцию коаксиального тракта. Все это приводит к удорожанию как проектных, так и монтажных работ. В табл. 9-3 в качестве примера приведены параметры широкополосных разветвителей компании TRANSMEDIA.

Табл. 9-3. Параметры широкополосных разветвителей компании TRANSMEDIA

| Тип - №               | Частотный диапазон, МГц | Ослабление на проход, дБ | Ослабление на отвод, дБ | Развязка между отводом и проходом, дБ | Развязка между отводами, дБ |
|-----------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| FA 1 - 6<br>1 отвод   | 5 - 470<br>470 - 860    | 2,0<br>2,7               | 6,5<br>6,5              | > 20<br>> 15                          |                             |
| FA 2 - 8<br>2 отвода  | 5 - 470<br>470 - 860    | 3,7<br>4,0               | 8,5<br>8,5              | > 18<br>> 15                          | > 26<br>> 22                |
| FA 4 - 10<br>4 отвода | 5 - 470<br>470 - 860    | 6,0<br>6,5               | 10,0<br>10,0            | > 23<br>> 25                          | > 25<br>> 20                |
| FAS 1 - 10<br>1 отвод | 5 - 950<br>950 - 2050   | 2,0<br>3,0               | 10,0<br>10,0            | > 22<br>> 20                          |                             |
| FAS 1 - 12<br>1 отвод | 5 - 950<br>950 - 2050   | 2,0<br>2,5               | 12,0<br>12,0            | > 22<br>> 20                          |                             |

Современные коаксиальные розетки являются многофункциональными устройствами. В недалеком прошлом они имели один выход (коаксиальное гнездо 75 Ом) и служили для заделки (оконцевания) абонентского кабеля. Теперь розетки содержат от двух до четырех выходов, каждый из которых имеет свое назначение. Выходы соединены с подводящим или проходящим напроход коаксиальным кабелем через вмонтированные в розетку направленные ответвители, обладающие очень высокими характеристиками: широкой полосой пропускания (5...852 или даже 5...2150 МГц) и строго заданным затуханием перехода.

Коаксиальные розетки бывают двух видов – проходные и оконечные. Первый вид применяют при последовательном соединении, когда организуется цепочка из розеток. Второй вид используется для непосредственного подключения оконечных устройств – телевизоров, видеоманитрофонов, модемов. Такие розетки нашли широкое распространение в современных сетях кабельного телевидения, построенных по схеме «куста». Наиболее массово устанавливают розетки с двумя гнез-

дами типа МЭК – для телевидения и радио. Розетки с тремя гнездами используют для приема кабельного и спутникового телевидения, а также для УКВ-радио. Бывают экзотические экземпляры, предназначенные не только для телеустройств, но имеющие специальное гнездо для присоединения кабельного модема. Подобные оконечные розетки представляют наибольший интерес для подключения к Интернету.

К развязке между выходами также предъявляются высокие требования. Это делается для того, чтобы минимизировать влияние гетеродинов соседних телевизоров друг на друга. Если еще недавно в квартире с трудом можно было обнаружить одну-две телевизионные розетки, то современные схемы разводки предполагают установку целых гирлянд мультимедийных розеток, предназначенных для выполнения всех описанных выше функций. К некоторым розеткам подходит даже два коаксиальных кабеля: один подводит сигнал кабельной сети, а другой – от собственной домашней установки спутникового телевидения, причем к отдельному, предназначенному для этого, гнезду.

Наиболее массовые коаксиальные розетки имеют, как правило, два выхода: для подключения телевизора и радиоприемника. На *рис. 9-3* показана розетка компании WISI с двумя стандартными выходами и гнездом для подключения кабельного модема (DATA). Характеристики розетки представлены в *табл. 9-4*. Следует заметить, что как разветвители, так и розетки представляют собой довольно сложные радиотехнические устройства, которые еще недавно трудно было увидеть в обычной квартире.



*Рис. 9-3.* Коаксиальная розетка с гнездом для подключения кабельного модема (DATA)

Табл. 9-4. Параметры розетки с тремя выходами (TV, Rd, Data) компании WISI

| Диапазон частот, МГц                       | Телевидение/Радиовещание<br>Передача данных                                 | 47-862<br>5-862      |
|--|---|----------------------|
| Потери на передачу<br>к выходу розетки, дБ | Телевидение (TV)<br>Радиовещание (Rd)<br>Передача данных (Data)             | 3 - 4<br>7 - 8<br>8  |
| Развязка между<br>выходами розетки, дБ     | Телевидение - Данные<br>Радиовещание - Данные<br>Телевидение - Радиовещание | > 30<br>> 30<br>> 20 |

Розетка, показанная на рис. 9-3, не требует для подключения кабельного модема отдельного делителя – он встроен в саму розетку (выход DATA). Широко распространенные коаксиальные розетки, имеющие два выхода (для телевизора и УКВ-радио), не снабжены встроенным делителем. В таком случае используется внешний делитель (splitter), имеющий один вход и два выхода (рис. 9-4): один – для подключения телевизора, а другой – для кабельного модема. При этом затухание со входа на каждый выход обычно равно 3–3,5 дБ.

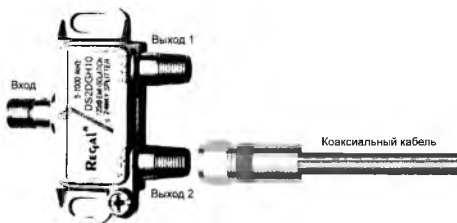


Рис. 9-4. Коаксиальный делитель с двумя выходами

# Четырехпарная мультимедийная система

## 10.1. Дважды экранированная проводка

В некоторых странах Европы используется другой тип мультимедийной проводки, когда разводку выполняют четырехпарным симметричным экранированным кабелем. По четырем индивидуально экранированным парам одновременно образуют компьютерную высокоскоростную сеть (по двум парам), передают телевидение, а также телефонную связь (по двум другим парам).

Четырехпарная проводка из витых пар Категорий 7 и 8 может базироваться только на кабелях с индивидуально экранированными витыми парами, с окружающим их общим экраном. Пары Категории 7 имеют широкополосность до 600 (1000) МГц, а проблематичной пока Категории 8 – до 1200 МГц. Мы видим, что каждая следующая Категория (после Категории 5) увеличивает свою полосу примерно в 2 раза. Учитывая улучшение усилителей и усложнение способов кодирования сигналов, это означает увеличение пропускной способности от категории к категории в несколько раз.

Подобную проводку прокладывают четырехпарными экранированными кабелями Категорий 7 и 8, выпускаемыми компаниями AMP Netconnect, Kerpen, NEC/CDT, Pirelly и Teldor. По диапазону частот каждая пара в этих кабелях работает до 0,6–1,2 ГГц, покрывая практически все современные потребности широкополосных сетей. Кабель оканчивается в мультимедийных розетках, куда может присоединяться оборудование с помощью одно- и двух- или четырех-парных экранированных шнуров, отдельных для каждого приложения. Соответствующие шнуры компании давно выпускают, так же как и мультимедийные розетки.

Как видим, уже созданы основные компоненты кабельных систем Категорий 7 и 8, и они выпускаются серийно.



### **Кабели Категорий 7 и 8**

В каталогах кабельных компаний имеются изделия, соответствующие как Категории 7, так и Категории 8. В *табл. 10-1* приводятся конструкции, а в *табл. 10-2 и 10-3* – основные параметры кабелей с индивидуально экранированными витыми парами и общим экраном, отнесенные к Категорией 7 и 8. Заметим, что среди компаний, показывающих в своих каталогах кабели Категории 7, 8, отсутствуют знаменитые американские.

У авторов имеются образцы кабелей компании TELDOR, данные о которых приведены в *табл. 10-1, 10-2 и 10-3*. Они предназначены для любых мультимедийных применений, где различные сигналы смешиваются в одном кабеле. Разработаны две марки кабелей: HI-GIGADOR и HI-JUNIOR, с проводниками 0,64 мм (22AWG) и 0,58 мм (23AWG) соответственно; кабели других компаний подобны указанным. Все они имеют однопроволочные проводники увеличенных диаметров (0,58–0,64 мм), пленко-пористую изоляцию проводов диаметрами от 1,42 до 1,68 мм из полиэтилена, защитную оболочку из ПВХ или LSZH (безгалогенный малодымный компаунд).

При разборке образцов компании TELDOR выяснилось, что кабели имеют существенное новшество в конструкции экрана пары проводов. В сечении экранированная пара представляет собой не круг или овал, как было раньше, а явно выраженный фигурный сектор. Если сложить вместе четыре экранированные пары (четыре сектора), они составляют полный ровный круг. Оплетка из проволоки, накладываемая на получившийся при скрутке пар цилиндрический стержень, выглядит значительно ровнее, чем у ранее разработанных кабелей. На экранированный сердечник очень хорошо накладывается защитная оболочка даже из LSZH-компаунда. Кабель выглядит гладким и твердым, по сравнению с дважды экранированными изделиями прежних конструкций. Создается впечатление, что такой кабель значительно удобнее прокладывать и легче протаскивать через кабелепроводы.

Относительно параметров кабелей «Категории 8» (*табл. 10-3*) отметим следующее. Погонное затухание у них стало несколько меньше, чем заявлялось для «Категории 7», по-видимому из-за улучшения пленко-пористой изоляции. Особый прогресс достигнут в переходном затухании для верхних частот: оно теперь на 20–30 дБ выше, чем ожидалось ранее. Результат получен, без сомнения, за счет принципиально новой конструкции экрана, описанной выше. Как итог, защищенность пары остается достаточной вплоть до частоты 1000 МГц.

Табл. 10-1. Дважды экранированные кабели «Категорий 7 и 8»

| Компания<br>(страна)         | Марка<br>кабеля  | Проводник,<br>диаметр | Изоляция,<br>диаметр                                | Экран отдельных пар +<br>общий экран  | Защитная оболочка,<br>материал, диаметр   |
|------------------------------|------------------|-----------------------|---|---|---|
| AMP Netconnect<br>(Германия) | PiMF<br>1200 МГц | медь<br>$d = 0,58$ мм | Полиэтилен<br>(вспененная)<br>$d = 1,42$ мм         | Алюминиевая фольга, дублиро-<br>ванная полиэфирной пленкой, +<br>луженая медная оплетка | Белый RAL 9010 – безгалоген-<br>ный компаунд,<br>$d = 8,0$ мм                               |
| NEK/CDT<br>(Швеция)          | SOHO 860         | медь<br>$d = 0,64$ мм | Пористый полиоле-<br>фин, макс. 1,7 мм              | Индивидуально экранированные<br>фольгой пары + луженая медная<br>оплетка                | Поливинилхлорид (серый) или<br>LSZH (безгалогенный малодым-<br>ный компаунд), $d = 8,3$ мм  |
| Pirelli<br>(Италия)          | DX 8000          | медь<br>$d = 0,64$ мм | Пористо-пленоч-<br>ный полиэтилен,<br>$d = 1,5$ мм  | Алюмо-полиэфирная лента +<br>оплетка из медной луженой про-<br>волоки                   | Поливинилхлорид (серый) или<br>галогенонесодержащий ком-<br>паунд (оранжевый), $d = 8,7$ мм |
| Pirelli<br>(Италия)          | DX 7600          | медь<br>$d = 0,6$ мм  | Пористо-пленоч-<br>ный полиэтилен,<br>$d = 1,4$ мм  | Алюмо-полиэфирная лента +<br>оплетка из медной луженой про-<br>волоки                   | Поливинилхлорид (серый) или<br>галогенонесодержащий ком-<br>паунд (оранжевый), $d = 8$ мм   |
| Teldor<br>(Израиль)          | HI-GIGADOR       | медь<br>$d = 0,64$ мм | Пористо-пленоч-<br>ный полиэтилен,<br>$d = 1,56$ мм | Алюмо-полиэфирная лента +<br>оплетка из медной луженой про-<br>волоки                   | Поливинилхлорид или HFFR<br>(безгалогенный огнестойкий<br>компаунд), синий, $d = 8,4$ мм    |
| Teldor<br>(Израиль)          | HI-JUNIOR        | медь<br>$d = 0,58$ мм | Пористо-пленоч-<br>ный полиэтилен,<br>$d = 1,43$ мм | Алюмо-полиэфирная лента +<br>оплетка из медной луженой про-<br>волоки                   | Поливинилхлорид или HFFR<br>(безгалогенный огнестойкий<br>компаунд), синий, $d = 7,6$ мм    |

Табл. 10-2. Параметры дважды экранированных кабелей «Категории 7», с медными проводниками диаметром 0,58 мм (AWG23)

| Параметр    | Погонное затухание, дБ/100 м |                 |                | Переходное затухание на ближнем конце, дБ |                 |                | Защищенность на ближнем конце, дБ/100 м |                 |                |
|-------------|------------------------------|-----------------|----------------|---|-----------------|----------------|---|-----------------|----------------|
|             | AMP NETCON NECT              | Pirelli DX 7600 | Teldor HI-JUNI | AMP NETCON NECT                           | Pirelli DX 7600 | Teldor HI-JUNI | AMP NETCON NECT                         | Pirelli DX 7600 | Teldor HI-JUNI |
| Частота МГц |                              |                 |                |   |                 |                |   |                 |                |
| 1           | 2,0                          | 1,9             | 1,7            | 90,0                                      | 95              | 105            | 88                                      | 93              | 103            |
| 4           | 3,6                          | 3,5             | 3,3            | 90,0                                      | 95              | 105            | 86                                      | 93              | 102            |
| 10          | 5,7                          | 5,5             | 5,2            | 90,0                                      | 95              | 105            | 84                                      | 90              | 100            |
| 16          | 7,2                          | 6,8             | 6,7            | 90,0                                      | 95              | 105            | 83                                      | 88              | 98             |
| 20          | 8,1                          | 7,4             | 7,5            | 90,0                                      | 95              | 105            | 82                                      | 87              | 97             |
| 31,25       |                              | 9,3             | 9,5            |   | 95              | 105            |   | 86              | 95             |
| 62,5        | 14,5                         | 13,3            | 13,3           | 85,0                                      | 93              | 105            | 70                                      | 80              | 92             |
| 100         | 18,5                         | 17,2            | 17,5           | 85,0                                      | 90              | 105            | 66                                      | 73              | 87             |
| 175         |                              |                 | 23,1           |   |                 | 100            |   |                 | 76             |
| 200         | 26,8                         | 24,6            | 24,2           | 85,0                                      | 85              | 100            | 58                                      | 60              | 75             |
| 300         | 33,3                         | 31,0            | 31,0           | 85,0                                      | 83              | 95             | 52                                      | 52              | 64             |
| 600         | 48,9                         | 45,6            | 42,5           | 80,0                                      | 78              | 90             | 31                                      | 32              | 47             |
| 900         |                              | 56,0            | 52,0           |   | 76              | 80             |   | 20              | 28             |
| 1000        | 72,6                         | 59,0            | -              | 75,0                                      | 75              | -              | 2,4                                     | 16              | -              |

Табл. 10-3. Параметры дважды экранированных кабелей «Категории 8», с медными проводниками диаметром 0,64 мм (AWG22)

| Параметр    | Погонное затухание, дБ/100 м |                 |                | Переходное затухание на ближнем конце, дБ |                 |                | Защищенность на ближнем конце, дБ/100 м |                 |                |
|-------------|------------------------------|-----------------|----------------|---|-----------------|----------------|---|-----------------|----------------|
|             | NEK/CDT SOHO 860             | Pirelli DX 8000 | Teldor HI-GIGA | NEK/CDT SOHO 860                          | Pirelli DX 8000 | Teldor HI-GIGA | NEK/CDT SOHO 860                        | Pirelli DX 8000 | Teldor HI-GIGA |
| Частота МГц |                              |                 |                |   |                 |                |   |                 |                |
| 1           | 1,6                          | 1,7             | 1,6            | 102                                       | 95              | 105            | 100,4                                   | 93              | 103            |
| 4           | 3,2                          | 3,1             | 3,0            | 101                                       | 95              | 105            | 97,8                                    | 92              | 102            |
| 10          | 5,3                          | 4,9             | 4,8            | 99  | 95              | 105            | 93,7                                    | 90              | 100            |
| 16          |                              | 6,3             | 6,1            |   | 95              | 105            |   | 89              | 98             |
| 20          | 7,5                          | 6,9             | 6,9            | 97  | 95              | 105            | 89,5                                    | 88              | 97             |
| 31,25       | 9,4                          | 8,9             | 8,5            | 95  | 95              | 105            | 85,6                                    | 86              | 95             |
| 62,5        | 13,4                         | 12,7            | 12,5           | 92  | 93              | 105            | 78,6                                    | 80              | 92             |
| 100         | 16,8                         | 16,3            | 15,7           | 89  | 90              | 105            | 72,2                                    | 74              | 87             |
| 175         | 22,0                         |                 | 21,0           | 82  |                 | 100            | 60,0                                    |                 | 76             |
| 200         |                              | 24,5            | 22,9           |   | 85              | 100            |   | 61              | 75             |
| 300         | 29,5                         | 29,4            | 28,0           | 77  | 83              | 95             | 47,5                                    | 54              | 64             |
| 600         | 42,5                         | 42,8            | 40,0           | 73  | 78              | 90             | 30,5                                    | 35              | 47             |
| 900         |                              | 51,0            | 49,0           |   | 76              | 80             |   | 25              | 28             |
| 1000        | 56,9                         | 53,0            | -              | 68  | 75              | -              | 11,1                                    | 22              | -              |

### *Соединители Категорий 7 и 8*

Новый класс соединителей с полосой пропускания 600 МГц и выше несколько лет назад предложили компании Nexans и Siemon. Эти два предложения радикально отличаются: первое основано на 8-контактном модульном разъеме, в то время как второе базируется на принципиально новом стандарте.

В соединителе GG45 компании Nexans к восьми обычным контактам RJ45 добавлены четыре контакта, с внутренним их переключением. При функционировании соединителя в кабельной системе Категорий 5е и 6 используется обычная схема RJ45. С переходом к Категории 7 начинают работать контакты, расположенный попарно по углам гнездового соединителя GG45. В соединителе TERA компании Siemon применен не традиционный RJ45, а совершенно новый, с «двухэтажным» расположением контактных пластин. На базе этих разъемов к настоящему времени компаниями уже выпущены необходимые комплектующие (соединители, розетки, шнуры и панели) для сборки кабельных систем.

Принципиальная разница между соединителями GG45 и TERA следующая. Гнездовая часть GG45 («мама», код по стандарту IEC 60603-7-7) обратно совместима с RJ45, но содержит 8 основных и 4 дополнительных контакта, переключаемых микропереключателем. Ответная же часть GG45 («папа», код по стандарту IEC 61076-3-110) имеет 8 контактных пластин, расположенных «в два этажа» (в двух плоскостях) и с разъемом RJ45 несовместима. Гнездовая часть TERA («мама», код по стандарту IEC 61076-3-104) также имеет 8 контактных пластин, расположенных «в два этажа», и несовместима с RJ45. Контакты в этом соединителе размещены таким образом, что к гнездовой части возможно подсоединение ответных частей с одной, двумя и четырьмя парами контактов. Соответственно, созданы соединительные шнуры с одной, двумя и четырьмя парами проводов для таких подключений.

Компания AMP Netconnect создала свою систему AMP Communications Outlet Plus (ACO Plus), основой которой служит оконцеватель (по терминологии компании – краевой разъем) Shielded Edge Connector Mark II, с полосой пропускания до 1200 МГц. Разъем Mark II, куда достаточно удобно заделываются кабели PiMF 600 МГц и PiMF 1200 МГц, также выпускаемые AMP Netconnect, характерен низким переходным затуханием во всем рабочем диапазоне.

Широкополосная линия проводки состоит из кабеля длиной до 90 м и двух соединителей на концах, включающих оконцеватели Mark II и различные вставки. Для обеспечения мультимедийности

AMP Netconnect выпускает целый набор вставок, контактирующих с оконцевателем Mark II в корпусе розетки. Имеются вставки для функционирования следующих приложений: 1000Base-T; ATM 622 Мбит/с; ISDN (Token ring); предусмотрена особая вставка, с входом не RJ45, а ISO Cat7. Выпускаются вставки со сдвоенными портами 100Base-TX, ISDN (Token Ring) и др.

Для соединительной системы ACO Plus предлагается также широкополосная вставка с коаксиальным входом 75 Ом. При необходимости передать телевизионный сигнал по экранированной витой паре симметричная вставка к розетке ACO Plus заменяется на ACO TV Insert, с коаксиальным соединителем типа F. Линия оснащается такими вставками на обоих концах – как в отсеке связи, так и на рабочем месте. Широкополосное симметрирующее устройство (балун), встроенное во вставку ACO TV Insert, работоспособно во всем телевизионном диапазоне до 862 МГц. Расстояние, на которое может быть передан телевизионный сигнал по витой паре, зависит от типа экранированного кабеля. С кабелем PiMF 600 МГц длины трактов следующие: до 450 МГц – 50 м, до 600 МГц – 40 м, до 862 МГц – 25 м. С кабелями PiMF 1200 МГц эти расстояния удваиваются.

### *Стандартизация систем Категорий 7 и 8*

В настоящее время Международной организацией по стандартизации ISO/IEC разрабатываются два отдельных стандарта на мультимедийные кабельные системы: IS 11801 стандартизует проводку Класса F (Категории 7) для коммерческих зданий; IS 15018 устанавливает требования к проводке для SOHO (Small Office Home Office). Стандарт IS 15018 аккумулирует все технические достижения, позволяющие создавать кабельные системы Класса G (Категории 8), с полосой рабочих частот до 1200 МГц.

Начало стандартизации Категории 7 было объявлено ISO/IEC в сентябре 1997 года. Примерно в то же время было предложено несколько конструкций соединителей для кабельных систем этой Категории. Сейчас в окончательной стандартизации участвуют два типа соединителей: GG45 компании Nexans и TERA компании Siemon. Оба прошли все многочисленные согласования в объединенном комитете JTC1 ISO/IEC и приняты в качестве стандартных для кабельных систем.

В структурированных кабельных системах Класса F (в них используются компоненты Категории 7) предпочтение отдается соединителю GG45 (стандарт ISO/IEC 11801), а TERA является как бы дополнительным. Для домашних кабельных систем (HEM – Home

Electronics and Multimedia) более предпочтительным признается TERA, в то время как GG45 остается дополнительным. Полный состав соединителей для систем: RJ45 и GG45 – для проводки по стандарту 11801; коаксиальный 75 Ом и TERA – для стандарта НЕМ, который должен быть оформлен как стандарт ISO/IEC 15018.

Стандарт на Класс F (Категорию 7) принят ISO/IEC. Что касается стандарта на Класс G (Категорию 8), то его разработка продолжается. В настоящее время имеются два предложения, оба на рабочую полосу 1–1,2 ГГц и тракт длиной до 50 м. Одно из них изложено в документе CD15018 и называется «Информационные технологии – интегрированная проводка для жилого и SOHO применений». CD15018 включает справочные данные об описанных выше соединителях Категорий 7 и 8, а также имеющуюся документацию на проводку Категорий 5, 6 а также коаксиальную, для кабельного телевидения.

Другое предложение внесено датской компанией 3P (Third Party Testing). Оно формулирует несколько более жесткие требования к проводке Категории 8, чем в CD15018. Комитеты, разрабатывающие приложения, должны будут предварительно согласовать между собой эти требования, для чего компания 3P открывает у себя специальную программу. Представители 3P заявляют, что подобная задача может быть решена в ближайшие два года.

## 10.2. Проводка для загородного дома

В США и Германии распространены две различные схемы мультимедийной проводки. Если в США телевидение, телефон и Интернет разводят по дому разными кабелями, то в Германии это распределение часто выполняется одним четырехпарным кабелем, с индивидуально экранированными фольгой витыми парами и общим оплеточным экраном. Как видим, эти две схемы проводки между собой сильно отличаются: первая предполагает применение специализированных кабелей, в то время как вторая требует только одного (правда, довольно сложного) кабеля. При этом топология «звезды» сохраняется как для первой, так и для второй схемы проводки.

До сих пор, описывая разные типы мультимедийной проводки, обычно начинают рассмотрение с компьютерных сетей. Такой подход полностью правомерен для кабельных систем Категорий 5е и 6, так как именно компьютерные сети и были основным их назначением. Но перейдя к системам Категорий 7 и 8, пришлось сделать вывод, что на ближайшие годы компьютерные сети не станут основанием для широкого внедрения таких проводок. Полоса частот, занимаемая

компьютерной сетью, сейчас не превышает 100 МГц и в ближайшие годы расширится до 250–500 МГц, т. е. улучшенная Категория 6 должна полностью удовлетворять потребности компьютерных сетей на перспективу. В то же время компании, выпускающие системы Категорий 7 и 8, обязательно указывают на возможность организации по ним телевидения. Приходится признать, что передача телевизионных сигналов по кабельным системам высших Категорий должна считаться *основным*, а не дополнительным их качеством, которое и вызывает необходимость таких систем. Таким образом, мультимедийная проводка на основе четырехпарного дважды экранированного кабеля Категорий 7 и 8 становится хорошей альтернативой для сетей передачи телевизионных и компьютерных сигналов.

Необходимо отметить, что в данном разделе не рассматривается относительно простая проводка для доступа в Интернет с помощью кабельного модема, а также для домашних станций приема спутникового телевидения. Дело в том, что проводка в этих случаях осуществляется по специализированной схеме и ко всему дому (коттеджу) отношение имеет слабое. Здесь мы рассматриваем общую информационную систему для всего дома, особняка, коттеджа, а не для отдельного помещения. Такая проводка представляет собой более высокий уровень технического развития, чем индивидуальная разводка по отдельному помещению дома.

Дополнительно заметим, что такой путь развития прошли все информационные системы здания. Сначала ставили индивидуальные антенны для телевидения (40–50-е годы прошлого века); потом они были заменены на системы «Антенна на подъезд» (60–70-е годы). А уже следующий шаг – системы коллективного приема телевидения (СКПТ) на весь дом или даже квартал. Аналогичный путь еще раньше прошли телефонные системы: от индивидуального ввода в дом до щитов на этажах и распределительных шкафов на весь квартал – вот путь телефонной проводки. Без сомнения, такой же путь пройдет и Интернет.

### **Раздельная проводка**

Широко распространенная схема мультимедийной проводки выглядит следующим образом (см. *рис. 10-В*). От распределительного щитка дома или коттеджа «звездой» расходятся кабели, предназначенные для телевидения, телефона и Интернет. На концах этих кабелей, для каждого приложения, устанавливается отдельная розетка. Следовательно, монтируются три вида розеток: телефонная, компьютерная и телевизионная. Часто телефонную и компьютерную

розетки спаривают и устанавливают двоянную розетку. Иногда используют готовый блок из всех трех информационных розеток. Таким образом, в помещении формируется три кабельные системы, три вида проводки, три вида розеток. Эта схема удобна тем, что каждую кабельную систему можно монтировать практически независимо и сдавать по мере готовности.

В офисных помещениях кабели прокладываются, как правило, в коробах, а в жилых – в канавках (штробах). При прокладке трех видов проводки в штробы необходимо так планировать работы, чтобы все три кабеля укладывались одновременно – это и составляет значительное неудобство данной схемы. Кроме того, при прокладке трех кабелей требуется большое количество ручной работы монтажников и внимательное выполнение графика работ.

На рис. 10-В изображена практическая схема разводки телевидения, Интернет и телефона отдельными кабелями. Для каждого приложения проложен свой кабель и смонтирована специальная розетка. Данная схема предусматривает вводы для восьми отдельных помещений (показана разводка только для двух помещений). Это может быть один этаж многоэтажного жилого дома или загородный дом (особняк, коттедж). Естественно, при необходимости выполнить разводку для большего числа помещений схема может быть соответственно расширена.

В качестве ТВ-разветвителя в данном случае применено коаксиальное устройство, имеющее вход, выход и 8 отводов. Выпускают подобные разветвители на 2, 4, 6 и 8 отводов. Такие устройства предназначены для монтажа в распределительный шкаф, поскольку они имеют значительную толщину. Для монтажа в стену существуют плоские разветвители небольшой толщины, с отводами в плоскости самого устройства. Если в данном помещении требуется розеток больше, чем одна, может быть использован дополнительный разветвитель. Для домашней разводки обычно применяется коаксиальный кабель типа RG6, с волновым сопротивлением 75 Ом, но можно применить и другой кабель, в зависимости от класса телевизионной проводки. На конце кабеля смонтирована розетка с гнездом типа МЭК – в Европе и России; в США довольно часто используется гнездо типа «F».

При необходимости развести по комнатам Интернет применяют двухпарный или четырехпарный симметричный кабель («витая пара»). Все кабели сходятся к типовому концентратору, а на других концах они оборудуются розетками с гнездами RJ45. Как кабели, так и розетки следует применять Категорий 5е или 6. Подобная проводка



будет поддерживать компьютерные сети Gigabit Ethernet и Fast Ethernet (1000 и 100 Мбит/с), чего вполне достаточно для домашней работы. С помощью такой кабельной системы и концентратора легко создать домовую компьютерную сеть (чаще всего – Ethernet).

Для разводки телефона по квартире или коттеджу лучше всего применить витую пару и небольшую кросс-панель с гнездами RJ11. Часто возникает вопрос – можно ли использовать для разводки телефона одну из пар четырехпарного кабеля. Довольно сложно применить неповреждаемые в бытовых условиях устройства расщепления кабеля (Cable Shering). Они обычно предназначаются для офисных применений, где культура обращения с приборами несколько выше, чем в бытовых условиях. Короче говоря, рекомендуется по-прежнему применять для телефона отдельную незранированную проводку витой парой (но не «лапшу», как у нас зачастую принято), так как при этом помехозащищенность телефонной связи резко повышается.

Некоторые компании предлагают готовые комплекты для раздельной мультимедийной проводки. Одним из примеров такой продукции может служить Siemon Home Cabling System, предназначенная для малых офисов и жилых домов. Она является специальной разработкой в области кабельных коммуникаций для малого бизнеса и малоэтажного жилья (SOHO). Siemon Home Cabling System состоит из трех основных частей: 1) центра управления и коммутации; 2) собственно кабельной проводки; 3) информационных розеток (см. *рис. 10-В*). Подобная кабельная система делает возможным уже сегодня использовать весь комплекс электронного досуга, телекоммуникаций и автоматики жилого дома. При этом подразумевается применение в доме или малом офисе высокоскоростных каналов Интернет, организация домовых компьютерных сетей и всей домашней автоматизации. В состав Siemon Home Cabling System входят: незранированный четырехпарный кабель Категории 5е, 75-Омный коаксиальный кабель диаметром 6 мм и большой набор информационных розеток, а также дополнительные монтажные элементы и аксессуары.

В Центре коммутации предусмотрены следующие внешние вводы: до 4-х независимых вводов кабельного и спутникового телевидения; до 25-ти телефонных линий ГТС; до 2-х волоконно-оптических подключений внешних сетей. Спецификации системы рассчитаны на установку в каждом помещении (комнате) одной телевизионной розетки и двух розеток для компьютера и телефона. Она не охватывает кабельные короба и подрозеточные коробки, которые входят в общую спецификацию на строительные работы.

### *Совмещенная проводка*

По схеме на *рис. 10-В* в каждое помещение прокладывают для каждого приложения отдельный кабель и ставят специальную розетку. В последнее время предложена альтернативная схема домовой проводки, когда укладывается только один кабель и на конце его монтируется только одна мультимедийная розетка, предназначенная для трех приложений – телевидения, компьютерной сети, телефонной связи. Еще предстоит оценить преимущества и недостатки как первой, так и второй схем. Сейчас только заметим, что прокладка только одного кабеля вместо трех и установка только одной розетки без сомнения является преимуществом альтернативной схемы домовой проводки. Специалисты должны оценить строительные трудозатраты и особенности эксплуатации.

Альтернативная схема, применяемая в Германии и Франции, характерна тем, что информационная проводка выполняется одним четырехпарным дважды экранированным кабелем (см. *рис. 10-С*). Телевидение в данном случае распределяется по витым парам от разветвителя – балуна, у которого вход – коаксиальный, а выходы – симметричные. Коаксиальный кабель от сети кабельного телевидения (или от головной телевизионной станции) подключен к коаксиальному входу разветвителя, а его выходы соединяются шнурами с четырехпарными разъемами. Далее идут четырехпарные экранированные кабели, каждый из которых оконцовывается таким же четырехпарным разъемом. К разъему, к одной из пар, подключен однопарный балун, имеющий стандартный телевизионный разъем на выходе («F», МЭК). Именно этот разъем и присоединяется к телевизору. Такая телевизионная распределительная система, использующая только одну пару в четырехпарном кабеле, удобна и занимает мало места.

Если предполагается распределять также Интернет, используют две другие пары этого же кабеля и для соединения применяют двухпарные экранированные шнуры как на рабочем месте, так и в монтажном шкафу (импровизированном «узле связи»). Для выполнения этой задачи необходимо разместить в монтажном шкафу, наряду с панелями переключений, еще небольшой концентратор на несколько портов. Кроме раздачи Интернета, такой концентратор позволяет организовывать домовую компьютерную сеть (в подавляющем большинстве случаев – Ethernet). Таким образом оказываются занятыми уже три экранированные пары. Оставшаяся, четвертая пара может быть использована для телефона или других приложений. При этой схеме для всех трех приложений (телевидения, Интернета, телефона) используется единая мультимедийная проводка с единственной розеткой, оконцо-

вызывающей четырехпарный экранированный кабель. К этой розетке подключаются два симметричных шнура (однопарный – для телефона, двухпарный – для компьютера) и один балун – для телевизора.

Теперь рассмотрим подробнее состав, характеристики и параметры четырехпарной экранированной проводки компании Kerpen, используемой в схеме. Возьмем самую широкополосную кабельную систему ELine 1200, имеющую весь необходимый набор кабелей, шнуров, балунов как для телевизионной, так и для компьютерной распределительных систем, изображенных на *рис. 10-С*. В состав кабельной системы ELine 1200 компании Kerpen включено довольно много компонентов. Непосредственно в помещение входит кабель MegaLine 8 с соединителем EC7 (*рис. 10-1*). Именно этот разъем позволяет одновременно подключить телевизор, компьютер и телефон.

С целью осуществления разных функций в систему Kerpen ELine 1200 входит много различных шнуров и балунов, обеспечивающих работу каждого отдельного приложения. Все эти шнуры на одном конце имеют разъем EC7, а на другом – разъем для соответствующего приложения: для телефона – RJ11, для компьютера – RJ45, для телевизора – балун и разъем типа «F» или МЭК. Шнур для Gigabit Ethernet с одного конца армирован четырехпарным разъемом EC7, а с другого – оканчивается модернизированным разъемом RJ45, с характеристиками, полностью соответствующими этому высокоскоростному режиму.

Соединитель EC7, кроме мультимедийности, обладает еще и многофункциональностью. Это означает, что каждая из четырех пар контактов может быть использована для любого приложения. К оконечному разъему EC7 можно подключить: два компьютера; или телевизор, компьютер, телефон; или три телефона и факс-аппарат. Подобная многофункциональность каждой пары контактов делает кабельную сеть, выполненную на базе линий Kerpen ELine 1200 EC7, очень удобной при использовании в отдельных домах (коттеджах) или в малых офисах.



*Рис. 10-1. Разъем Kerpen EC7 с кабелем MegaLine 8*

Все кабели MegaLine 8 заходят в монтажный шкаф для того, чтобы переключая шнуры, можно было подать Интернет, телевидение и телефон в все помещения. С этой целью в монтажном шкафу устанавливается концентратор для компьютерной сети, балун – разветвитель для телевидения и кросс-панель для переключения телефонов. Если дом используется как малый офис, то в шкафу устанавливается небольшая АТС и сервер. Таким образом, монтажный шкаф превращается в «узел связи», куда сходятся все линии внутри дома, а снаружи к нему подводятся выделенные линии Интернет, телефонные линии (или вместо них XDSL), а также сеть кабельного телевидения или внешние эфирные или спутниковые антенны.

Основным компонентом, определяющим широкополосность кабельной линии Keppen ELine 1200 EC7, является кабель MegaLine 8. Четырехпарный, с индивидуально экранированными парам (PiMF), этот кабель имеет рабочую полосу до 1400 МГц. У него защищенность (соотношение сигнал/шум) на частоте 1400 МГц составляет 14 дБ. Ни у какого другого кабеля, описанного ранее, не было такой защищенности (ACR). Судя по этой норме, кабель работоспособен до частоты 1500 МГц и выше.

Очень важным является обстоятельство, что в системе ELine 1200 имеется набор соединительных шнуров, выполненных из гибких, экранированных кабелей MegaLine 726 и MegaLine 727, с рабочими полосами 900 и 600 МГц соответственно. В частности, MegaLine 726 позволил сконструировать соединительные шнуры, перекрывающие весь диапазон эфирного и кабельного ТВ. Следовательно, кабель MegaLine 8, гибкие кабели MegaLine 726 и MegaLine 727, с использованием соединителя EC7 и балунов, позволяют создать полноценный ТВ-тракт. Поскольку обычно весь телевизионный тракт – коаксиальный, оба конца линии оснащаются балунами (переходниками с коаксиального тракта на симметричный). Разъем EC7 на конце кабеля с помощью шнура, оканчивающегося балуном, соединяется с телевизором (см. рис. 10-С). Соединительный шнур на одном конце имеет однопарный разъем EC7, а на другом – балун, заканчивающийся разъемом «F». Переход к европейскому стандарту осуществляется с помощью обычного коаксиального переходника МЭК.

На другом конце линии соединитель EC7 с помощью однопарного шнура, оснащенного разъемами EC7, присоединяется к стационарному балуну-разветвителю, имеющему 8 выходов. В свою очередь, коаксиальный вход балуна-разветвителя соединяется с коаксиальным кабелем от системы кабельного телевидения. Заметим, что балун-разветвитель может вставляться в панель переключений ELine1200,

в два ее посадочных отверстия как два разъема ЕС7, так что дополнительных приспособлений для крепления балуна-разветвителя в монтажном шкафу не требуется.

### 10.3. Телевидение по витой паре

В информационных сетях некоторых предприятий и организаций возникает потребность передавать телевизионные сигналы. К таким относятся: издательства, рекламные агентства, дизайн-бюро, модельные конторы, больницы и т. п. При этом в перечисленных организациях часто не оказывается коаксиальной проводки, принятой обычно для такой передачи, а быстро проложить ее в отремонтированном и оборудованном помещении не представляется возможным. Тогда и появляется необходимость передать телевизионные сигналы по существующей симметричной проводке, основанной на витых парах.

Распределение телевизионных сигналов в различных диапазонах частот имеет свои особенности. Традиционные системы кабельного телевидения работают в полосе ниже 450 МГц, в то время как полоса до 862 МГц используется в широкополосных сетях для новых услуг (Интернет, кино по заказу, управление городским хозяйством и т. п.). Симметричная проводка Категорий 6 и 7 хорошо работает в полосе до 550–600 МГц, а создаваемая сейчас Категория 8 будет обеспечивать передачу во всей полосе до 862 МГц и выше.

Основные сведения о симметричных кабелях Категорий 7 и 8 приведены в параграфе 10.1. Ниже рассмотрены кабели Категории 6 некоторых производителей, а затем неэкранированная проводка Категории 6 и экранированная дважды проводка Категорий 7 и 8 для передачи телевидения.

#### *Кабели Категории 6*

Стандарт на кабельные системы Категории 6 был начат разработкой в сентябре 1997 г. и окончательно принят в июне 2002 г. За эти пять лет все основные производители кабельной продукции для локальных сетей выпустили на рынок кабели Категории 6. Только обладая современным кабельным оборудованием и высококвалифицированным персоналом, удалось преодолеть трудности исследовательского и технологического характера и выдать изделия, отвечающие высоким требованиям Категории 6 (табл. 10-4 и 10-5).

Неэкранированные кабели достигли параметров Категории 6 в 1999–2000 гг. Что касается экранированных решений, то эти работы

Табл. 10-4. Конструкции неэкранированных кабелей Категории 6

| Компания-изготовитель | Марка кабеля    | Диаметр проводника, мм | Диаметр изоляции, мм | Диаметр кабеля, мм | Разделитель (сепаратор) пар     |                     |
|-----------------------|-----------------|------------------------|----------------------|--------------------|---------------------------------|---------------------|
|                       |                 |                        |                      |                    | форма                           | цвет и жесткость    |
| Avaya                 | GigaSPEED 1071E | 0,52                   | 0,95                 | 5,5                | полоска из пластика             | белая, жесткая      |
| Avaya                 | GigaSPEED 1081A | 0,52                   | 0,95                 | 6,5                | крестообразный                  | белый, жесткий      |
| Belden                | Data Twist 6    | 0,58                   | 1,02                 | 6,0                | круглый кордель                 | неизвестны          |
| Belden                | Media Twist     | 0,58                   | 1,02                 | 9,4 × 4,2          | пространственное разнесение пар |                     |
| Belden                | Data Twist 600e | 0,58                   | 1,02                 | 5,7                | крестообразный                  | неизвестны          |
| Brand-Rex             | C6U Plus        | 0,55                   | 1,00                 | 6,2                | крестообразный                  | прозрачный, мягкий  |
| LG Cable              |                 | 0,52                   |                      | 6,0                | крестообразный                  | неизвестны          |
| Molex                 | PowerCat 6      | 0,52                   | < 1                  | 6,6                | крестообразный                  | неизвестны          |
| Nexans                | LAN mark 6 UTP  | 0,58                   | 1,02                 | 6,5                | крестообразный                  | прозрачный, жесткий |
| Pirelly               | DX 3100         | 0,55                   | 0,95                 | 5,8                | форма не дана                   | неизвестны          |
| PIC                   | DATA CABLE      | 0,52                   | 1,00                 | 6,3                | крестообразный                  | черный, мягкий      |
| Teldor                | GIGA-STAR       | 0,55                   | 1,00                 | 6,5                | крестообразный                  | прозрачный, жесткий |

Табл. 10-5. Конструкции экранированных кабелей Категории 6

| Компания-изготовитель | Марка кабеля     | Диаметр проводника, мм | Диаметр изоляции, мм | Диаметр кабеля, мм | Разделитель (сепаратор) | Структура экрана                    |
|-----------------------|------------------|------------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| AMP Netconnect        | PiMP 250 Compact | 0,52                   | пористая 1,25        | 7,4                | отсутствует             | Al/полиэфирная лента: пара и кабель |
| LG Cable              | FTP Category 6   | 0,52                   | сплошная             | 7,5                | крестообразный          | Al/полиэфирная лента                |
| LG Cable              | S-FTP Category 6 | 0,52                   | сплошная             | 8,0                | крестообразный          | Al/полиэфирная лента + оплетка      |
| Nexans                | LAN mark 6 FTP   | 0,55                   | 1,10                 | 7,1                | крестообразный          | двойная фольга                      |
| Nexans                | LAN mark 6 S-FTP | 0,52                   | 1,04                 | 6,4                | крестообразный          | фольга + оплетка                    |
| Nexans                | DX 3200 (FTP)    | 0,56                   | пористая 1,45        | 7,8                | отсутствует             | фольга на парах + оплетка           |
| Pirelly               | GIGA-STAR (STP)  | 0,55                   | сплошная 1,05        | 6,5                | форма не дана           | Al/полиэфирная лента                |
| Teldor                |                  | 0,55                   | пористая 1,35        | 6,7                | отсутствует             | Al/полиэфирная лента: каждая пара   |

идут до сих пор и возникают все новые конструкции кабелей. В самое последнее время появились изделия, значительно превышающие требования Категории 6 и относимые производителями к «улучшенной (enhanced) Категории 6». Следует отметить, что то же самое происходило с кабелями Категории 5: в 1995 г. был принят стандарт TIA/EIA-568-A, а после этого, в 1996–1997 гг., разработаны кабельные изделия Категории 5е, постепенно перешедшие в Категорию 6.

Параметры кабелей Категории 6 улучшены относительно Категории 5е. Рабочая полоса частот увеличена со 100 МГц до 250 МГц. С учётом передачи телевидения, ряд производителей указывают диапазон рабочих частот кабелей Категории 6 до 550–600 МГц. Затухание уменьшилось примерно на 10% (на частоте 100 МГц – с 22 дБ/100 м до 19,8 дБ/100 м), но параметры влияния выросли радикально, в несколько раз. Произошло это прежде всего из-за того, что практически во всех изделиях применен крестообразный разделитель витых пар (см. *табл. 10-4 и 10-5*). Во многих кабелях использованы проводники увеличенных диаметров (0,55–0,58 мм), что также способствовало улучшению параметров, хотя и привело к ухудшению весо-габаритных характеристик.

Появилось много экранированных конструкций (*табл. 10-5*), с различной структурой экранов: обмотка всего сердечника одиночной фольгой (FTP), сдвоенной фольгой (F<sup>2</sup>TP); обмотка фольгой и поверх нее – наложение оплетки проволокой (S-FTP) и, наконец, индивидуальное экранирование фольгой пар, иногда – дополнительный общий экран пучка (S-STP). Большое разнообразие экранов вызвано тем, что компании-изготовители долгое время и с большим трудом создавали экранированные кабели Категории 6. Последний тип экрана (S-STP), характерный скорее для Категорий 7 и 8, позволяет создать изделия, далеко выходящие за пределы требований Категории 6.

Тот факт, что конструкция кабеля Категории 6 еще не устоялась, подтверждается разнообразием разделителей (сепараторов) витых пар. Хорошо известные элементы кабеля выглядят у разных изготовителей примерно одинаково, но исполнение разделителей у них совершенно различно (см. *табл. 10-4*). Последние различаются материалами, их цветом, жесткостью, толщиной крестовины. Что касается защитных оболочек, то этот элемент конструкции также очень хорошо отработан – изготовители предлагают оболочки из PVC (поливинилхлорида), LSZH (слабодымного галогенонесодержащего компаунда); в США также предлагаются оболочки из фторопласта. Диаметры неэкранированных кабелей лежат в пределах 5,5–6,5 мм;

экранированных – 6,5–8,0 мм. По-прежнему наблюдается разнობой в маркировке экранированных кабелей: обозначение экранов также еще не устоялось. Все изложенное выше свидетельствует о том, что совершенствование кабелей Категории 6 продолжается.

### **Неэкранированная проводка Категории 6**

Принцип передачи телевизионных сигналов по горизонтальной проводке из витых пар показан на *рис. 10-А*. Вертикальная проводка остается коаксиальной, а переход к симметричной кабельной системе осуществляется следующим путем. На коаксиальной вертикали смонтированы разветвители, обычно используемые для этажной разводки. От них идут шнуры (джамперы) к симметричной проводке, предназначенной для компьютерной сети. Наибольшее распространение в нашей стране получила неэкранированная проводка, поэтому ей уделим внимание в первую очередь.

Для неэкранированных систем симметричной проводки компания SYSTIMAX Solutions предлагает такое решение (*рис. 10-А*). Коаксиальный шнур соединяет коаксиальный разветвитель ТВ-сети и распределительную панель 385DP в отсеке связи. К этой панели подводится нужное количество горизонтальных линий четырехпарной проводки. Телевизионный сигнал от панели 385DP, пройдя кроссовое оборудование, поступает через кабель марки 1071 или 1081 в розетку RJ45, любой марки, из состава СКС SYSTIMAX. Розетка, в свою очередь, с помощью адаптера 384А соединяется с телевизионным приемником.

Адаптер 384А состоит из симметричного кабеля и балуна, оснащенного разъемом типа F; другой конец кабеля армирован разъемом RJ45. Характеристики панели 385DP и адаптера 384А таковы, что обеспечивают передачу сигналов телевидения в полосе частот до 550 МГц. Более высокочастотные сигналы необходимо конвертировать в пределы указанной полосы. Распространена также схема без панели 385DP, когда с обеих сторон применяют адаптеры 384А для непосредственного подключения.

В последнее время выявилась потребность передать базовый телевизионный сигнал, занимающий полосу до 6–6,5 МГц, по локальной сети. Для этих целей ведущие компании (AMP Netconnect, Avaya, Panduit, Siemon) разработали розеточные модули, позволяющие стыковать сигнал видео с локальной сетью. В частности, в комплект SYSTIMAX входят два модуля: S-Video Outlet и RCA Outlet.

Модуль S-Video, или Super VHS (SVHS) обеспечивает стыковку оборудования с неэкранированными витыми парами и позволяет



передать аналоговые видео сигналы всех систем (NTSC/PAL/SECAM) по витым парам локальной сети. При этом требования к стандартной проводке полностью сохраняются. Основные параметры модуля следующие: импеданс на входе 75 Ом, импеданс на выходе 100 Ом, затухание 30 м линии на частотах ниже 5,5 МГц – до 1,5 дБ; переходное затухание на частоте 5,5 МГц – 60 дБ. Оконцеватель модуля выполнен в виде блока контактов со сдвигом изоляции (IDC-контакты). В него можно заделывать неэкранированные кабели Категорий 5, 5е и 6 с проводниками AWG24 (0,51 мм диаметром).

### *Экранированная проводка Категории 7*

Компания AMP Netconnect предлагает следующее решение для передачи телевидения по витым парам. В систему AMP Communication Outlet Plus входит телевизионная вставка TV Insert для видео и ТВ приложений. Она дает возможность передавать по витым парам сигналы от видеокамер, видеомагнитофонов, а также цифровые теле и радиосигналы в частотной полосе до 862 МГц. Используемый во вставке разъем типа F является стандартным для кабельного и спутникового ТВ и обеспечивает хорошие характеристики передачи на частотах до 2 ГГц. Его волновое сопротивление 75 Ом согласуется с 100 Ом витой пары при помощи балуна (согласующего устройства), находящегося во вставке. Для распределения телевизионных сигналов по симметричной кабельной системе обычно используется нижняя часть полосы частот. Экономические соображения приводят к тому, что большинство сигналов, передаваемых по широкополосным кабельным сетям, в настоящее время расположены ниже 450 МГц. Желательно, чтобы телевизионный тракт имел затухание не более 20–30 дБ. В случае построения горизонтальной линии из кабеля AMP PiMF 600 МГц (Категория 7) не должны превышать следующие длины линий: на частотах до 450 МГц – 50 м, 450–600 МГц – 40 м, 600–862 МГц – 25 м. При использовании кабеля PiMF 1200 МГц длина линии удваивается.

Совершенно другое решение разработала компания Nexans. Она предложила гибридный соединитель, обладающий широкополосностью, необходимой для передачи телевидения. Гнездовая часть соединителя, под маркой GG45, имеет двенадцать контактов вместо восьми, и они переключаются в зависимости от режима работы. В полосе до 250 МГц (Категория 6) GG45 функционирует как обычный RJ45, а в более высокочастотном диапазоне схема соединения изменяется с помощью встроенного микропереключателя. В обоих полосах в тракте остается по 8 контактов, но во втором варианте

4 контакта из «первого этажа» выключаются, а 4 контакта из «второго этажа» подключаются, что и обеспечивает режим передачи.

Соединитель GG45, подобно вставке TV Insert, позволяет присоединить только одну линию (одну коаксиальную пару). К сожалению, для соединителя GG45 остается пока неясным способ подключения коаксиальной линии – обнаруженные по нему публикации не указывают непосредственно пути для выполнения названной процедуры.

Несколько другой подход к проблеме мультимедийности использовала компания Siemon. Ею предложен новый соединитель под маркой TERA, не базирующийся на традиционный RJ45. Контакты гнезда TERA расположены в двух уровнях: верхнем и нижнем. Если смотреть на гнездо TERA спереди, то два левых верхних контакта предлагаются для телевидения. По правым верхним и нижним парам контактов будет работать компьютерная сеть, а оставшуюся левую нижнюю пару контактов рекомендовано отдать под голосовую связь (телефон).

Первоначально соединитель марки TERA предназначался для кабельных систем Категории 7 (до 600 МГц). В последнее время, в связи с разработкой Категории 8, стали поступать сведения о принятии его в качестве основного для подобных кабельных систем. Следовательно, его широкополосность простирается до 1–1,2 ГГц, т. е. он вполне пригоден для передачи телевизионных сигналов во всей полосе.

### ***Кабельная система Категории 8***

Передать телевизионный сигнал станет значительно проще по проводке новой Категории 8, в настоящее время проходящей процесс стандартизации. По такой кабельной системе, поскольку она изначально рассчитана на диапазон частот до 1 200 МГц, телевидение организуется естественным образом: одна из пар выделяется непосредственно для передачи телевизионных сигналов. При этом не до конца пока ясна схема тракта, но основные компоненты – кабели и соединители для построения такой линии, с рабочей полосой до 1 200 МГц, в самое последнее время уже созданы. Предстоит еще разработать устройства для перехода от коаксиального тракта к симметричному с такими характеристиками, чтобы они соответствовали стандартам на передачу телевизионных сигналов. Нам остается лишь описать разработанные недавно кабели и соединители, которые позволят в ближайшее время создать полноценные тракты для передачи телевидения на экранированных витых парах, в том числе – для цифрового телевизионного вещания.

В последнее время появился кабель, полностью соответствующий требованиям Категории 8 – GIGADOR 1200 МГц компании TELDOR,

с проводниками 0,64 мм (табл. 10-6). Поскольку телевидение передается только по одной паре (из четырех экранированных пар), главным требованием к подобным кабелям становится уменьшение затухания. Так как предусматривается передача и других сигналов по этому кабелю, остается актуальным параметр «переходное затухание на ближнем конце» (NEXT loss), но к нему в высокочастотной области предъявляются значительно меньшие требования, чем в низкочастотной. Объясняется это тем, что компьютерные сигналы в настоящее время в области высоких частот не передаются – современные компьютерные сети работают в полосе до 100 МГц и лишь осваивают диапазон до 250 МГц. Из табл. 10-6 видно, что затухание на частоте 1200 МГц является довольно большим, но все же самым низким из известных для кабелей Категории 8. В то же время затухание и NEXT loss на этой частоте практически сравнялись, так что в компьютерных сетях на верхних частотах кабель GIGADOR было бы невозможно использовать. Что касается экранирования пар кабеля, то полученный результат не очень высокий: на коаксиальных кабелях с аналогичными экранами (фольга + оплетка) достигается экранное затухание 80 дБ и выше.

Остальные параметры кабеля GIGADOR 1200 МГц не имеют прямого отношения к передаче телевизионных сигналов, но необходимы

Табл. 10-6. Основные параметры кабеля Teldor GIGADOR 1200

| Частота | Затухание | Переходное затухание на ближнем конце |           | Возвратные потери | Задержка сигнала | Экранное затухание пара-пара |
|---------|-----------|---------------------------------------|-----------|-------------------|------------------|------------------------------|
|         |           | пара-пара                             | суммарное |                   |                  |                              |
| МГц     | дБ        | дБ                                    | дБ        | дБ                | нс/100 м         | дБ                           |
| 1,00    | 1,9       | 90,0                                  | 87,0      | 23,0              | 518,0            | NS                           |
| 4,00    | 3,4       | 90,0                                  | 87,0      | 23,0              | 509,0            | NS                           |
| 10,00   | 5,4       | 90,0                                  | 87,0      | 23,0              | 505,7            | NS                           |
| 16,00   | 6,8       | 90,0                                  | 87,0      | 23,0              | 504,5            | NS                           |
| 30,00   | 9,3       | 90,0                                  | 87,0      | 23,0              | 503,3            | 90,0                         |
| 54,10   | 12,7      | 90,0                                  | 87,0      | 23,0              | 502,4            | 90,0                         |
| 62,50   | 13,7      | 89,1                                  | 86,1      | 23,0              | 502,3            | 90,0                         |
| 100,00  | 17,5      | 86,0                                  | 83,0      | 23,0              | 501,8            | 90,0                         |
| 200,00  | 25,3      | 81,5                                  | 78,5      | 23,0              | 501,3            | 84,0                         |
| 300,00  | 31,5      | 78,8                                  | 75,8      | 23,0              | 501,0            | 80,5                         |
| 600,00  | 46,3      | 74,3                                  | 71,3      | 20,0              | 500,7            | 74,4                         |
| 900,00  | 58,4      | 71,7                                  | 68,7      | 18,2              | 500,6            | 70,9                         |
| 1000,00 | 62,0      | 71,0                                  | 68,0      | 17,8              | 500,6            | 70,0                         |
| 1200,00 | 69,0      | 69,8                                  | 66,8      | 17,0              | 500,5            | 68,4                         |

для обеспечения приемлемого качества компьютерных сетей. Можно лишь констатировать соответствие требованиям к системам Категории 8, разработанным подкомитетом ISO/IEC JTC1 SC25 и находящимся в стадии стандартизации. Однако следует помнить, что высокие характеристики всего тракта передачи удастся сохранить только в случае, если кабель заделывают в соответствующие соединители.

Для оконцевания кабелей Категории 8 компания AMP Netconnect предлагает краевой разъем (оконцеватель) MARK II, предназначенный к использованию в соединительной системе AMP Communications Outlet Plus (ACO Plus). Полностью экранированная четырехкамерная конструкция, продолжающая структуру кабеля PiMF и как бы «проносящая» ее через соединитель, сообщает высокие характеристики всей цепочке «оконцеватель – кабель – оконцеватель». В соответствие с техническими требованиями такая линия готова к применению в новых классах компьютерной проводки, приходящих на смену предыдущим поколениями кабельных систем. Обратная совместимость с существующими голосовыми и компьютерными приложениями сохраняется, так как в системе ACO Plus имеется необходимый набор адаптерных вставок. Время заделки соединителя MARK II уменьшено из-за применения новой конструкции контакта со сдвигом изоляции (IDC-контакта). Характеристика переходного затухания между контактами (NEXT loss) для разъема MARK II демонстрирует значительный успех компании: минимальные значения NEXT соединителя до 1200 МГц остаются выше 60 дБ во всем диапазоне. Другие параметры краевого разъема MARK II соответствуют требованиям Категории 8.



# Глоссарий

## ***Аналоговый сигнал (Analog Signal)***

Сигнал, представляющий информацию в виде непрерывно изменяющейся и непосредственно измеряемой физической величины, например напряжения. Имеющие волнообразную форму аналоговые сигналы, например передаваемые по телефонной линии, изменяются как по частоте, так и по амплитуде соответственно звучащему голосу.

## ***Апертурный угол***

Наибольший угол между оптической осью световода и падающим на его торец лучом света, при котором свет еще попадает в световод и распространяется по нему.

## ***Аппаратная связи (Telecommunications Equipment Room)***

Выделенное пространство для размещения оборудования связи, обслуживающего обитателей здания. Данное оборудование имеет комплексный характер и этим отличается от содержимого отсеков связи.

## ***Аппаратная (Equipment Room)***

Комната, в которой размещается, защищается и обслуживается оборудование по передаче голоса и данных и где осуществляется управление цепями (проводами, кабелями) при помощи магистральных и распределительных кросс-панелей.

## ***Аппаратный отсек (Apparatus Closet)***

По традиции так называют находящийся в промышленных зданиях отсек, размещаемый на каждом этаже в месте подключения магистральных или стояковых кабелей к коммутирующим или питающим устройствам, связанным с телефонными системами. Этот термин в значительной степени устарел, так как изначальное различие между аппаратным и вспомогательным (satellite) отсеками уже не соответствует действительности. Аппаратные отсеки содержали важнейшие коммутирующие и питающие уст-

ройства, которые во вспомогательных отсеках отсутствовали. В настоящее время отсеки предназначены для размещения современного оборудования питания и уплотнения каналов связи (мультиплексирования), которое меньше по размерам, легче и гораздо сложнее прежних видов оборудования.

### **Блок оконцевателей (Terminal Block)**

Набор деталей на панели переключения, который служит переходной точкой между проводами и соединительным оборудованием и куда заделывают разделанные кабели.

### **Блок разводки (Wiring Block)**

Пластиковое устройство, к которому подводят кабели, разделяют их и разводят пары, забивая провода в щели индекс-ребенок с помощью специального инструмента – забивалки.

### **Брандмауэры (Fire Walls)**

Стены, проходящие от конструкционного пола до конструкционного потолка и предотвращающие распространение огня из одной зоны здания в другую.

### **Буферное покрытие**

Защитный (мягкий) слой на поверхности световода, предохраняющий его от внешних воздействий (механических, влаги и др.).

### **Ввод междомового кабеля (Interbuilding Cable Entrance)**

Точка, в которой междомовые кабели подсистемы микрорайона (Campus Subsystem) входят в здание.

### **Ввод служб связи (Telecommunications Service Entrance)**

Место, в котором трассы связи кабелей входят в здание или выходят из него.

### **Вертикальная подсистема (Riser Backbone Subsystem)**

Часть распределительной системы здания, включающая основную кабельную трассу и конструкцию, поддерживающую кабель от аппаратной до верхних этажей, или вдоль одного этажа, где он заканчивается на кроссовой панели отсека связи или на распределительных щитах подсистемы междомовых магистралей.

### **Витая пара (Twisted Pair)**

Два изолированных медных провода, скрученных вместе. Длина витков или шагов скрутки варьируется от пары к паре для снижения уровня взаимных помех между парами. В кабелях, содержащих более 25 пар, витые пары группируют и объединяют

в общей оболочке. Кабель из витых пар является наиболее распространенной передающей средой.

### **Витки (Lays)**

Шаги скрутки в кабеле с витыми парами. Два одиночных провода скручиваются вместе и образуют витую пару. Благодаря изменяющейся (от пары к паре) длине шага скрутки интенсивность взаимных помех между парами проводов снижается.

### **Воздушный кабель (Aerial Cable)**

Кабель связи, подвешенный на конструкциях поддержки воздушных линий, таких как опоры, стены зданий и др.

### **Волноводная дисперсия**

Дисперсия, обусловленная зависимостью условий передачи моды от длины ее волны и связанная с размерами световода.

### **Волоконная оптика (Fiber Optics)**

Технология передачи света или изображения по стеклянным или пластиковым световодам. Некогерентные оптические волокна передают световые сигналы. Когерентные оптические волокна передают как свет, так и изображение, и фактически должны называться «согласованными оптическими кабелями», так как все световоды имеют одинаковую длину и постоянную пространственную взаимосвязь.

### **Врубка (Cut Down)**

Способ закрепления провода в оконцевателе. Изолированный провод помещают в канавку блока и проталкивают вниз специальным инструментом. Так как при этом провод нагревается, его изоляция прорезается оконцевателем для получения электрического соединения, и нажимаемое пружиной лезвие инструмента отрезает лишнюю часть провода. Этот способ называют также забивкой (punch down).

### **Вспомогательный шкаф (Satellite Cabinet)**

Монтируемые на поверхности стены или утопленные в стену шкафы-ящики, предназначенные для размещения оборудования управления линиями. Вспомогательные шкафы, подобно вспомогательным шкафам связи, дополняют отсеки связи, обеспечивая дополнительные средства для соединения горизонтальных кабелей, приходящих от информационных розеток, расположенных в рабочих зонах пользователей.

### ***Вытекающая мода***

Мода, быстро затухающая в световоде из-за проникновения из сердцевины в оболочку.

### ***Гарантия на компоненты (Product Warranty)***

Гарантируемые производителем отсутствие производственных дефектов всех компонентов кабельной системы и стабильность параметров на эксплуатационный период.

### ***Гарантия на приложения (Application Warranty)***

Гарантируемая производителем способность смонтированной кабельной системы поддерживать все приложения из определенного перечня.

### ***Гибкий кабель (Cordage)***

Кабель для шнуров. Имеет многопроволочные проводники и мягкую, гибкую оболочку.

### ***Гидрофобный гель***

Желеобразная масса, заполняющая пустоты внутри кабеля наружной прокладки и предохраняющая оптоволокна от влаги.

### ***Гнезда (Jacks)***

Приемные части розеток, используемые совместно с разъемами для обеспечения электрического контакта между цепями связи. Гнезда и соответствующие им разъемы используются в соединительном оборудовании различных видов, в том числе в кросс-панелях, присоединительных панелях, информационных розетках и соединителях аппаратуры.

### ***Гнездовая панель (Jack Panel)***

Панель переключений, содержащая восьмиконтактные модульные гнезда (jacks).

### ***Городок (территория) (Campus)***

Здания и земельный участок какого-либо комплекса, например, университета, колледжа, индустриального парка, военной части.

### ***Градиентный световод***

Многомодовый световод, показатель преломления которого плавно снижается от оси к оболочке по закону параболы.

### ***Двухволоконный кабель (Dual-Fiber Cable)***

Вид оптического кабеля, содержащего два оптоволокна, заключенные в оболочку из экструдированного поливинилхлорида



(PVC), с вытяжным шнуром, предназначенным для оттягивания оболочки с целью получения доступа к оптическим волокнам.

#### ***Двухслойное вторичное покрытие***

Дополнительное двухслойное покрытие световода, у которого внутренний слой (буфер) выполнен из мягкого материала типа силикона.

#### ***Держатель кабеля (Cable Holder)***

Пластиковая деталь, служащая для прижатия кабеля к панели переключений и удержания его в фиксированном положении.

#### ***Держатель этикеток (Label Holder)***

Длинная прозрачная пластиковая деталь, прищелкиваемая к блоку разводки. В нее вставляется этикетка с маркировкой пар на блоке разводки и панели переключений.

#### ***Держатель (Retainer)***

Пластиковая деталь, прикрепляемая к блоку разводки и удерживающая кроссовые провода в определенном положении.

#### ***Дисперсия (Dispersion)***

В оптических волокнах – распыливание, расширение импульса, когда импульс света проходит по волокну.

#### ***Дисперсия в материале***

Часть хроматической дисперсии, обусловленная зависимостью показателя преломления сердцевины от длины волны.

#### ***Диэлектрик (Dielectric)***

Токонепроводящий (или изолирующий) материал, препятствующий прохождению электрического тока.

#### ***Длина волны нулевой дисперсии***

Длина волны, на которой достигается бездисперсионная передача в одномодовом световоде.

#### ***Емкость (Capacitance)***

Свойство системы из проводников и диэлектриков, позволяющее накапливать и удерживать электрические заряды. Проявление емкости в кабелях с медными проводниками нежелательно, так как она влияет на проходящие по проводнику сигналы, воздействуя в направлении, противоположном требуемому перемещению сигналов.

### **Желоб (Trough)**

Кабелепровод, обычно со съёмной крышкой, помещаемый в засыпаемую землей траншею и предназначенный для подземного кабеля.

### **Забивалка (Impact Tool)**

Инструмент для забивки проводов при монтаже, с целью соединения с врезными контактами оконцевателя в розетках и на панелях переключения.

### **Зажим для заземления (Bond Clamp)**

Предназначен для подсоединения обвязки (контура заземления) и состоит из деталей, закрепляемых на экране кабеля связи.

### **Заземление (Ground)**

Токопроводящее соединение, выполненное специально или возникшее случайно, между линией (проводом) или оборудованием и землей.

### **Заземляющий электрод, заземлитель (Grounding Electrode)**

Проводник, обычно стержень, труба, пластина (или группа проводников), находящийся в непосредственном контакте с землей и предназначенный для обеспечения низкоомного соединения оборудования с землей.

### **Закручивание (Twisting)**

Осевое скручивание кабельных элементов – пар, четверок, сердечника и т. п.

### **Затухание (Attenuation)**

Потеря мощности сигнала при распространении через среду передачи. Затухание в кабелях обычно выражается в децибелах на единицу длины.

### **Затяжной трос (Pullcord)**

Трос (или проволока), помещаемый в кабелепровод и используемый для протягивания провода или кабеля через кабелепровод.

### **Шнур**

Двухволоконный оптический кабель для шнуров, защитная оболочка которого имеет узкую перемычку.

### **Зона ввода в здание (Building Entrance Area)**

Расположенная внутри здания зона, где входят наружные кабели и присоединяются к вертикальным кабелям и где обеспечена

электрическая защита. Здесь же может размещаться сетевой интерфейс, а также защитные и распределительные компоненты для подсистемы междомовых магистралей Campus Backbone Subsystem.

### ***Зонная проводка (Zone Cabling)***

Кабели, идущие от точки консолидации к розеткам на рабочих местах и сами розетки.

### ***Зонный метод (Zone Method)***

Способ разводки кабелей, при котором пространство делится на секции или зоны. Затем кабели подводятся к центру каждой зоны для подключения к расположенным поблизости розеткам.

### ***Изоляция (Insulation)***

Элемент конструкции кабеля, обладающий высоким сопротивлением для прохождения электрического тока. Тонкие проводники с целью защиты покрываются изоляцией, часто с цветовой маркировкой.

### ***Индекс-ребенка (Index Strip)***

Длинная пластиковая деталь в блоке разводки, содержащая зубцы и щели между ними, в которые заходят провода витых пар. Зубцы имеют раскраску соответственно парам.

### ***Информационная розетка (Information Outlet (IO))***

Соединительное устройство, предназначенное для установки в фиксированной точке (обычно на стене офиса), в которое заделываются пары проводов кабеля горизонтальной подсистемы и в которое вставляется разъем. Она является пунктом управления (Administration Point), расположенным между горизонтальной кабельной подсистемой (Horizontal Subsystem) и кабельной подсистемой рабочего места (Work Area Subsystem). Термин «информационная розетка» указывает на объединение голоса, данных и других услуг связи, которые могут осуществляться через распределительную систему здания.

### ***Инфраструктура системы связи (Telecommunications Infrastructure)***

Набор таких компонентов системы связи (исключая аппаратуру), которые совместно обеспечивают общее распределение всей информации в пределах здания или территории (campus).

### ***Кабелепровод (Conduit)***

Трубка, обычно металлическая, проходящая под землей, с этажа на этаж, по полу или по потолку, и предназначенная для защиты

кабелей. В подсистеме вертикальных магистралей Riser Backbone Subsystem, когда шкафы связи стояков не совмещены по вертикали, кабелепровод используется для защиты кабеля и является средством протягивания кабеля с этажа на этаж.

### ***Кабель (Cable)***

Заключенная в защитную оболочку сборка из одного или нескольких проводов или волоконных световодов, обеспечивающая возможность их использования по отдельности или группами.

### ***Кабельная подсистема аппаратной (Equipment Cabling Subsystem)***

Кабели и распределительные компоненты, которые размещаются в аппаратных залах и соединяют компоненты общесистемного оборудования, сопутствующее оборудование и кросс-панели.

### ***Кабельный оконцеватель (Termination Hardware)***

Устройство, используемое для оконцевания кабелей, проводов с целью обеспечения кроссовых соединений, либо с целью наращивания (удлинения) до другого кабеля или оборудования.

### ***Канал (Duct)***

Одиночный трубопровод, предназначенный для прокладки проводов или кабелей, обычно используемый в почве или в бетоне (отсюда термин – «кабельная канализация»).

### ***Кварцевый световод***

Световод, изготовленный из кварцевого стекла высокой очистки с легирующими добавками.

### ***Ключ (Keying)***

Механическое приспособление, расположенное на соединителях, которое используется для предотвращения неправильного соединения. Применяется также на оптических переходниках.

### ***Коаксиальный кабель (Coaxial Cable)***

Кабель, который содержит металлический проводник, расположенный внутри полого металлического проводника и отделенный от него диэлектрической изоляцией. Поскольку коаксиальный кабель может передавать сигналы более высокой частоты, чем кабель с витыми парами, то он обычно используется для высокоскоростной передачи данных и для видеоприложений.

### ***Кольцо (Ring)***

Внешний (кольцевой) проводник разъема, к которому присоединяется один из проводов пары, имеющий в документации это же обозначение («кольцо»).

**Комбинированный кабель**

Содержит два (или более) вида кабельных элементов, например – оптические волокна и витые пары, как правило расположенные в общей защитной оболочке.

**Коммутатор пакетов (Data Packet Switch)**

Общесистемное оборудование, которое аппаратно распределяет информацию между устройствами оконечного оборудования данных, присоединенными к сети передачи данных. Коммутатор распределяет информацию при помощи информационных пакетов, адресованных конкретным терминальным устройствам.

**Комната или отсек (пространство) ввода связи (Telecommunications Entrance Room or Space)**

Пространство, в котором осуществляется соединение магистральных средств связи одного или нескольких зданий. Комната ввода может одновременно служить аппаратной.

**Контакт со сдвигом изоляции (Insulation Displacement contact)**

Вид оконцевателя, который не требуют зачистки проводов. При заделке провода его изоляция сдвигается (прокалывается) для образования соединения.

**Контактная гребенка (Connecting Block)**

Небольшое устройство, вбиваемое в индекс-гребенку с помощью инструмента – забивалки. При этом достигается электрический контакт между проводами, забитыми в щели индекс-гребенки, и врезными контактами («ножами») контактной гребенки.

**Коэффициент широкополосности**

Равен ширине полосы пропускания световода длиной 1 км. Зависит от длины волны.

**Кроссовое поле (Cross-Connect Field)**

Оконцеватели медных проводов и световодов, объединенные в группы для обеспечения кроссировки. Группы идентифицируются по окрашенным в разные цвета секциям задних (базовых) панелей, монтируемых на стенах в аппаратных помещениях или в шкафах (отсеках) связи, либо же по планкам или табличкам с указанием назначения, установленным на монтажном блоке или модуле. Цветовое обозначение указывает на тип линий, заделанных на данном поле.

### ***Кроссовый провод (Cross-connecting Wire)***

Представляет собой одну или несколько витых пар без защитной оболочки.

### ***Кросс-панель (Cross-Connect Panel)***

Оборудование распределительной системы, используемое для подключения цепей связи и выполнения манипуляций с ними. На проводных кросс-панелях для осуществления соединений используются перемычки (jumper wires) или шнуры переключения (patch cords). На оптических кросс-панелях используются оптоволоконные шнуры переключения. Кросс-панели размещаются в аппаратных или отсеках связи.

### ***Кросс-панель типа 110 (110-Type Cross-Connect)***

Компактная кросс-панель, которая может использоваться с перемычками или со шнурами переключения. Перемычки (jumper wires) используются для осуществления более продолжительного соединения цепей. Шнуры переключения (patch cords) обеспечивают легкое управление при частом изменении цепей. Кросс-панель типа 110 обеспечивает также простые методы маркировки для идентификации цепей.

### ***Кросс-панель типа 66 (66-Type Cross-Connect)***

Кросс-панель, состоящая из соединительных блоков типа 66 и перемычек (jumper wires) и предназначенная для управления цепями. Все провода, в том числе и перемычки, врубают (cut down) или вбивают (punch down) и осаживают на свои места специальным инструментом.

### ***Крышка-зажим (Terminal Clip)***

Небольшая пластиковая деталь, которая на блоке разводки закрывает место заделки особенно ответственной пары и защищает ее.

### ***Крючок (Spudger)***

Легкий пластиковый инструмент для удаления остатков проводов из щелей индекс-гребенки.

### ***Кустовидное строение (Hierarchy Star)***

Топология кабельной системы, при которой «стебли», выходящие из центра, в свою очередь ветвятся на верхних концах при разводке по этажам.

### **Ленточный оптический кабель (Ribbon Fiber Cable)**

Кабель, содержащий от 1 до 12 лент, при этом в каждой ленте содержится 12 оптических волокон, что позволяет формировать кабели с числом волокон от 12 до 144. Ленточные кабели предназначены для использования в больших распределительных системах, где важное значение имеют компактность кабеля и его высокая прочность на растяжение.

### **Локальная сеть, ЛАН (Local Area Network)**

Сеть передачи данных, состоящая из хост-машин (главных компьютеров) или другого оборудования, соединенного с оконечными устройствами, такими как персональные компьютеры, принтеры, обычно витыми парами или коаксиальными кабелями. Сеть ограничивается, как правило, одним комплексом зданий.

### **Магистраль (Backbone)**

Расположенное внутри зданий или между ними оборудование (кабельные трассы, кабели и провода), которое связывает отсеки связи, комнаты ввода кабелей и аппаратные помещения.

### **Матричный соединитель (Array Connector)**

Соединитель, совмещающий и защищающий 12 волокон ленточного оптического кабеля. Конструкция расходящейся матрицы может использоваться для соединения ленточного оптического кабеля с неленточными кабелями.

### **Междомовый кабель (Interbuilding Cable)**

Кабель связи, являющийся частью подсистемы междомовых магистралей (Campus Subsystem) и проходящий между зданиями. Существует четыре способа прокладки междомового кабеля: в кабельной канализации, траншейный способ (непосредственно в землю), воздушный (на опорах) и туннельный (в туннелях теплотрасс).

### **Междомовая дисперсия**

Дисперсия в многомодовом световоде из-за наличия в нем большого числа мод с разным временем передачи.

### **Метод кабелепроводов (Raceway Method)**

Способ потолочной разводки кабелей, при котором открытые или закрытые металлические желоба подвешиваются к вышерасположенному конструкционному полу и располагаются в пространстве фальшпотолка. Метод кабелепроводов обычно используется в больших зданиях или для больших распределительных систем. Если закрытые металлические желоба размещаются в

полу, этот способ разводки зачастую называют методом подпольных желобов (underfloor raceways).

### ***Метод отверстий (Poke-Through Method)***

Способ разводки кабелей, который заключается в сверлении отверстий в полу верхнего этажа с последующим пропусканием кабелей через отверстия и подводкой их к оконечным устройствам этажом ниже.

### ***Метод подпольных коробов (Underfloor Duct Method)***

Способ подпольной разводки кабелей, при котором для размещения кабелей используется ряд металлических разводных каналов, часто залитых бетоном. Этот способ использует один или два уровня, в зависимости от сложности системы. Иногда ссылаются как на подпольные кабелепроводы.

### ***Метод прямой прокладки (Home-Run Method)***

Способ разводки кабелей по потолку, при котором индивидуальные воздуховодные кабели (plenum cables) прокладываются прямо от отсека связи к каждой розетке.

### ***Метод фальшпола (Raised Floor Method)***

Способ подпольной разводки кабелей, при котором прямоугольные стальные, покрытые деревом плиты, опирающиеся на алюминиевые стойки, закрывают собственно пол здания. Также называется методом съемного пола (access floor), так как любая плита может быть снята для облегчения доступа к расположенным внизу кабелям.

### ***Метод ячеистого пола (Cellular Floor Method)***

Способ разводки кабелей в полу, при котором кабели проходят в стальных или бетонных ячейках пола, образующих готовые каналы для разводки кабелей питания и связи.

### ***Механический слайс***

Устройство для сращивания двух световодов без сварки, путем стыковки их с помощью неразъемного приспособления.

### ***Мини-кабель***

Тонкий оптический кабель с одним или двумя волокнами, каждое в отдельной оболочке.

### ***Минимальный радиус изгиба***

Радиус, с которым можно изогнуть кабель без ухудшения его характеристик. Нормируется отдельно для прокладки и эксплуатации.



**Многомодовое оптоволокно (Multimode Optical Fiber)**

Оптоволокно (световод), обеспечивающее распространение большого числа соседних мод. Оптоволокно может иметь непрерывно или ступенчато изменяющийся по поперечному сечению показатель преломления. Многомодовые световоды имеют значительно больший диаметр сердцевины, нежели одномодовые световоды.

**Многомодовый световод**

Световод, диаметр сердцевины которого много больше длины волны оптического излучения. В таком световоде передается около 1500 мод.

**Многопользовательская розетка (Multi-user Telecommunication Outlet)**

Содержит несколько восьмиконтактных гнезд, к которым подключаются рабочие места пользователей.

**Мода**

Одна из световых волн, возникающих в световоде при облучении его торца источником света.

**Модуль**

Трубка из жесткого пластика, в которую помещены один или несколько световодов.

**Монтажная обойма (Mounting Collar)**

Деталь для крепления модульного гнезда в модульной гнездовой панели переключений.

**Монтажный кронштейн (Mounting Bracket)**

Крепежное устройство, прикрепляемое к стене при монтаже панелей переключения. К нему, в свою очередь, крепится монтажная рама.

**Мультиплексирование (Multiplexing)**

Процесс объединения нескольких сигналов, обычно при мультиплексировании с временным разделением, с целью оптимизации использования среды передачи.

**Надрез проводника (Scoring Copper)**

Случайный, по недосмотру сделанный надрез на медном проводнике (conductor).

**Надрезалка (Scoring Tool)**

Инструмент для поперечного надрезания оболочки кабеля, при его разделке.

**Наличник (Faceplate)**

Плоская пластиковая деталь, защищающая внутреннюю часть розетки снаружи и выполняющая декоративную функцию.

**Направляемая мода**

Мода, распространяющаяся по световоду с небольшими потерями.

**Настенная муфта**

Муфта, выполненная в виде коробки с оптическими соединителями в боковой стенке и предназначенная для монтажа на стене.

**Натяжение протяжки (Pulling Tension)**

Значение тягового усилия, прилагаемого к кабелю во время протяжки в канализации или кабелепроводах.

**Национальный электрический кодекс (National Electrical Code (NEC))**

Национальный кодекс безопасности для электроустановок (США). Признанный стандарт по электробезопасности, предназначенный для проектирования, строительства и эксплуатации электрических схем. Стандарт NEC, разработанный под руководством Национальной противопожарной ассоциации (NFPA), в основном охватывает силовую электропроводку внутри зданий.

**Несущий трос (Support Strand)**

Прочный несущий элемент, используемый для подвески кабелей связи.

**Неэкранированная витая пара (Unshielded Twisted Pair (UTP))**

Скрученная из медных проводов пара, помещенная в обычный кабель, способный осуществлять высокоскоростную передачу данных.

**Обвязка (Bonding)**

Объединяющее соединение всех точек электрической «земли» здания и оборудования для устранения различий в потенциалах электрической «земли».

**Оболочка (Sheath )**

Общий термин для защитных оболочек в многопарном или оптическом кабеле.

**Оболочка световода**

Покрытие сердцевины световода, выполненное из стекла с меньшим показателем преломления, чем у сердцевины.

**Оборудование ввода связи (Telecommunications Entrance Facility)**

Ввод в здание кабелей общественных и собственных сетевых служб (в том числе антенных), содержащий точку ввода в стене здания и продолжающийся до комнаты или отсека (пространства) ввода.

**Общесистемное оборудование (System Common Equipment)**

Оборудование комплекса зданий, обеспечивающее функции, общие для оконечных устройств, таких как телефоны, терминалы данных, терминалы рабочих станций и персональные компьютеры. Обычно общесистемным оборудованием является коммутатор собственной телефонной станции с выходом в общую сеть (PBX), коммутатор пакетов данных или центральный хост-компьютер. Часто называется общим оборудованием.

**Одноволоконный кабель (Single Fiber Cable)**

Покрытый пластиком световод, окруженный экструдированным слоем поливинилхлорида (PVC) и упрочняющей оболочкой из синтетического материала и заключенный в наружную оболочку из поливинилхлорида.

**Одномодовое волокно**

Волокно, диаметр сердцевины которого (7–10 мкм) соизмерим с длиной волны оптического излучения передатчика (лазера или светодиода).

**Окна прозрачности**

Области длин волн, в пределах которых наблюдается минимальное затухание света при передаче по световоду.

**Оконцевание (Termination)**

Процедура разделки кабеля и заделки его в розетке или на панели переключения.

**Оконцеватель (Connector Terminator)**

Деталь в розетке или на панели переключения, в которую заделывают разделанный кабель.

**Оптическая кросс-панель (Optical Cross-Connect Panel)**

Кросс-панель, используемая для управления цепями и собираемая из модульных секций. Она обеспечивает соединение отдельных оптических волокон с помощью оптоволоконных шнуров переключения.

**Оптическая соединительная панель (Optical Interconnect Panel)**

Соединительная панель, используемая для управления цепями и собираемая из модульных секций. Она обеспечивает соедине-

ние отдельных оптических волокон, но в отличие от оптической кросс-панели не использует шнуров переключения.

### **Оптические соединители (Optical Connectors)**

Соединители, предназначенные для заделки одно- или много-волоконных оптических кабелей, с целью их последующего соединения с оборудованием или с другими оптическими кабелями.

### **Оптический кабель (Optical Fiber Cable)**

Среда передачи, состоящая из стеклянных или пластиковых волокон, окруженных защитным слоем, упрочняющим материалом и наружной оболочкой. Сигналы, передаваемые по кабелю в виде световых импульсов, вводятся в световод световым передатчиком (преобразователем) – лазером или светоизлучающим диодом. К числу преимуществ, обеспечиваемых оптическим кабелем, относятся малые потери сигнала, высокая скорость передачи, широкая полоса пропускания, небольшие физические размеры, малый вес и отсутствие проблем, связанных с электромагнитным влиянием и заземлением.

### **Оптический срасток (Optical Splice)**

Сращивание оптических волокон используется при необходимости постоянного соединения оптического волокна. Бывает сварной или механический.

### **Организер (Organizer)**

Устройство для удержания и распределения кроссовых проводов и шнуров на панели переключения.

### **Осаживание (проводов) (Seating (conductors))**

Монтажная операция, при которой помещенные в щели оконцевателя провода заталкивают глубже с помощью инструмента – забивалки.

### **Основание здания (Building Footing)**

Располагаемое под фундаментом здания бетонное основание, в которое может быть уложен медный провод для создания электрического заземления.

### **Открытая петля (Open Loop)**

Небольшая петля, образующаяся при неправильной заделке пары в оконцевателе на одном из проводов. Устраняется перезаделкой этого провода.

**Отсек связи (Telecommunications Closet)**

Закрытое пространство, предназначенное для размещения оборудования связи, заделки (оконцевания) кабелей и кроссировки. Является признанным промежуточным звеном между вертикальной магистралью и оборудованием горизонтальной подсистемы.

**Пазы (Slots)**

Отверстия в полу отсеков связи, стенах, потолках, позволяющие выполнять тяжку кабелей с этажа на этаж. Через паз может быть проведено большее число кабелей, чем через отдельную гильзу (рукав).

**Панель переключения (Patch Panel)**

Система, состоящая из блоков оконцевателей (terminal blocks), шнуров переключения и базовых панелей и облегчающая управление кроссировочными полями для изменения расположения и направления цепей.

**Первичное покрытие**

Защитное покрытие световода с внешним диаметром  $250 \pm 15$  мкм, нанесенное на оболочку.

**Передающая среда (Transmission Media)**

Различные виды медных и оптических кабелей, используемых для передачи голоса и данных. Из медных обычно используются: витая пара, коаксиал и твинаксиал (twinaxial). К числу оптических кабелей относятся: одноволоконный, двухволоконный, четырехволоконный, скрученный и ленточный.

**Перемычка (Jumper)**

Короткий отрезок медного провода или витой пары, используемый для маршрутизации линии посредством соединения двух точек на кроссовой панели (оконцевателей).

**Перехлест пар (Pair wrapping)**

Случайное перекручивание пар между собой, неправильное их положение, перепутывание.

**Переходник (Adapter)**

Устройство, которое:

- 1) обеспечивает соединение друг с другом соединителей разных размеров или подключение их к информационной розетке (information outlet);

- 2) позволяет изменять компоновку проводов;
- 3) осуществляет распределение кабелей с большим числом жил на группы с малым числом жил;
- 4) выполняет соединение различных кабелей.

#### ***Переходное затухание на ближнем конце (NEXT loss)***

Разность уровней передаваемого сигнала во влияющей паре и создаваемой им переходной помехи в паре, подверженной влиянию, на ближнем конце линии связи.

#### ***Переходное затухание на дальнем конце (FEXT loss)***

Разность уровней передаваемого сигнала во влияющей паре на ближнем конце линии и создаваемой им переходной помехи в паре, подверженной влиянию, на дальнем конце линии.

#### ***Плавкий предохранитель (Fuse)***

Устройство, используемое для защиты от чрезмерных токов. Оно представляет собой короткий проводник из легкоплавкого металла, который расплавляется, если проходящий через него ток превышает номинальную величину в течение определенного времени.

#### ***Пленумное пространство (Plenum)***

Пространство внутри здания, образованное элементами здания, предназначенное для перемещения окружающего воздуха; например, пространство над подвесным потолком или под съемным полом.

#### ***Пленумный кабель (Plenum Cable)***

Кабель, специально разработанный для прокладки в воздуховодных (пленумных) пространствах, расположенных над подвесными потолками и используемых для прохождения воздуха к нагревательным или охлаждающим системам здания. Изолированные провода пленумных кабелей часто покрываются защитным материалом PVDF (поливинилиден дифтор) для придания им свойств медленного распространения пламени и низкого дымовыделения.

#### ***Плинтусная разводка (Baseboard Raceway)***

Способ напольной разводки, при котором содержащие кабели металлические или деревянные кабелепроводы (короба) прокладываются вдоль плинтусов здания. Передняя панель плинтусного короба снимается, и в любой точке кабелепровода может быть установлена розетка.

**Подвесной потолок (Suspended Ceiling)**

Способ монтажа потолка, при котором потолочные плиты поддерживаются отрезками проволоки или стойками. Кабели прокладываются в воздуховодном пространстве над плитами.

**Поддерживающая арматура (Support Hardware)**

Стойки, прижимы (скобы, хомуты), шкафы, кронштейны, желоба и другое оборудование, обеспечивающее средства для направления и крепления кабелей и соединительного оборудования.

**Подсистема горизонтальной проводки (Horizontal Cabling Subsystem)**

Часть распределительной системы здания, устанавливаемая на одном этаже и состоящая из проводки и распределительных компонентов, которые соединяют вертикальную подсистему и подсистему аппаратной с информационными розетками через кросс-панели и другие компоненты подсистемы управления (Administration Subsystem).

**Подсистема междомовых магистралей (Campus Backbone Subsystem)**

Часть распределительной системы комплекса зданий, объединяющая эти здания. Компонентами этой подсистемы, обеспечивающими связь между несколькими зданиями, являются кабель, средства распределения между зданиями, устройства защиты и соединители.

**Подсистема рабочей зоны (Work Area Subsystem)**

Часть распределительной системы здания, содержащая оборудование и соединительные шнуры, идущие от информационных розеток к оконечным устройствам, таким как компьютеры, принтеры, терминалы.

**Подсистема управления (Administration Subsystem)**

Часть распределительной системы здания или комплекса зданий, которая содержит компоненты распределительного оборудования и позволяет добавлять линии связи или изменять их подключение. К числу этих компонентов относятся кросс-панели, соединительные панели, а также соответствующие шнуры и разъемы.

**Поливинилиден дифтор (Polyvinylidene Difluoride (PVDF))**

Термостойкий фторполимерный материал, используемый в оболочках пленумных кабелей.

**Поливинилхлорид (Polyvinyl Chloride (PVC))**

Огнестойкий термопластичный изоляционный материал, широко используемый в оболочках кабелей, размещаемых внутри зданий.

### **Помехи (Crosstalk)**

Нежелательные наводки в линии, возникающие в результате электрического влияния другой линии.

### **Потери на поглощение**

Затухание света при передаче по световоду, обусловленное поглощением его энергии в материале сердцевины.

### **Потери на рассеяние**

Затухание света при передаче по световоду, обусловленное рассеянием на флуктуациях показателя преломления сердцевины.

### **Провод к заземляющему электроду (Grounding Electrode Conductor)**

Провод, используемый для соединения заземляющего электрода с заземляющим проводником оборудования, либо с заземляющим проводником схемы обслуживаемого (силового) оборудования (service equipment) или источника отдельной системы питания.

### **Проводник (Conductor)**

Медная проволока или стренга, предназначенная для пропуска электрического тока.

### **Профиль показателя преломления**

Закон изменения показателя преломления сердцевины световода от оси к периферии (математический).

### **Рабочая зона (Work Area (WA))**

Пространство в здании, где персонал взаимодействует с оконечным оборудованием, таким как компьютер, принтер, телефон.

### **Радиус изгиба (Bend Radius)**

Радиус окружности, по которой изгибают кабель при прокладке и монтаже. Обычно измеряется в диаметрах самого кабеля.

### **Различные длины (pair) (Different Lengths (of Pairs))**

Оказавшиеся неравными, в результате неправильного обращения при заделке, длины пар.

### **Разъем (Plug)**

Устройство, предназначенное для соединения шнуров с гнездом (розеткой). Обычно разъемы устанавливаются на одном или обоих концах соединительных шнуров, для присоединения или кроссировки.

### **Рама (монтажная) (Terminal Block Panel)**

Крепежное устройство, прикрепляемое поверх монтажных кронштейнов. К нему, в свою очередь, крепятся блоки разводки при сборке панели переключений на стене.



**Рама (стойка) (Rack)**

Вертикальная или горизонтальная открытая опора, обычно изготовленная из алюминия или стали, которую закрепляют на потолке или стене. Кабели укладывают на кронштейны и крепят к ним.

**Распределительная система для помещений (Premises Distribution System (PDS))**

Сеть линий передачи, размещенная в одном здании или группе зданий, которая связывает разные типы устройств передачи голоса и данных, коммутационное оборудование и другие системы управления информацией, а также соединяется с внешними сетями связи. Она охватывает проводку, компоненты распределительного оборудования и оснащение, начиная от точки присоединения кабельной разводки здания к линиям внешней сети и заканчивая оконечными устройствами передачи голоса и данных, расположенными в офисах и других рабочих зонах.

**Распушивание пар (Pair Spread)**

Небольшое по протяженности расхождение проводов пары, возможно – с образованием петелек.

**Розетка поверхностного монтажа (Breakout Box)**

Оконечное соединительное устройство, предназначенное для укрепления на поверхности стены, стола, шкафа.

**Розетка связи (Telecommunications Outlet)**

Расположенное в рабочей зоне соединительное устройство, куда заделывают кабель горизонтальной разводки и вставляется разъем шнура.

**Рукава (гильзы) (Sleeves)**

Короткие отрезки кабелепроводов, обычно изготовленные из жестких металлических труб, используемые для защиты кабелей при вводе их в здания через стены или при проходе кабелей с этажа на этаж сквозь бетонные перекрытия между установленными на одной вертикали магистральными отсеками связи. Устанавливаются также для облегчения протягивания кабеля.

**Сборка желобов (Duct Assembly)**

Устройство, расположенное внизу панели переключений, куда укладывают запасные, временно неиспользуемые шнуры.

**Сварной сросток**

Сросток, получаемый путем расплавления концов световодов, с последующим их сведением.

### **Световод**

Волокно из стекла или пластика, предназначенное для передачи света видимого или инфракрасного диапазонов длин волн.

### **Сердцевина**

Светопроводящая часть волоконного световода со средним показателем преломления, большим, чем у окружающей его оболочки.

### **Сеть (Network)**

Локальная или протяженная система, снабженная обычными направляющими и предназначенная для служб связи на коммутируемых или собственных линиях. Входящая в сеть система программного и аппаратного обеспечения и аппаратура связи осуществляют передачу данных.

### **Системы потолочной разводки (Ceiling Distribution Systems)**

Системы кабельной разводки, использующие для размещения кабеля пространство между подвесным или фальшпотолком и конструкционным полом следующего этажа. В систему входят зоны, проемы, кабельные каналы (кабелепроводы) и короба.

### **Служебный вход (Service Entrance)**

Точка, в которой линии сети связи (линии телефонной компании) вводятся в здание.

### **Собственная телефонная станция (YATC) (Private Branch Exchange (PBX))**

Внутренняя коммутирующая система, обычно обслуживающая организацию (например, торговое или государственное агентство) и расположенная в зданиях клиента. Она соединяет вызовы, поступающие как из здания или комплекса зданий, так и извне, с телефонной сетью предприятия.

### **Соединитель (Connector)**

Устройство, которое позволяет объединенные в кабель медные провода либо световоды присоединять к оборудованию или другим проводам, световодам и отсоединять от них. Чаще всего соединитель проводов, световодов присоединяет их к оборудованию (компьютерам и другим оконечным устройствам) или к панелям переключения.

### **Соединительная коробка (Junction Box)**

Коробка, расположенная в подпольной кабелепроводной системе и обеспечивающая доступ к кабелям, проходящим в кабелепроводах.

**Соединительная панель (Interconnect)**

Пункт управления цепями, иной, чем кросс-панель и информационная розетка; обеспечивает возможность устанавливать и изменять направление следования цепей. В нем не используются кроссовые шнуры переключения и перемычки. Обычно это устройство, используемое в небольшом распределительном оборудовании или для присоединения цепей больших кабелей к линиям кабелей меньших размеров.

**Сросток (Splice)**

Физическое соединение (сращивание) медных проводов или оптических волокон.

**Ствол (Trunk)**

Линия связи между двумя коммутирующими системами. Термином «коммутирующие системы» (switching systems) обычно обозначают оборудование, расположенное в центральном офисе (телефонной компании) и местные телефонные станции (PBX). Местные стволы связи (tie trunks) соединяют станции PBX между собой. Стволы к центральному офису (central office trunks) соединяют станцию PBX с коммутирующей системой (ATC) в центральном офисе.

**Стояк (Riser)**

Вертикальная кабельная трасса, соединяющая этажи.

**Стренга (Strand)**

Несколько проволок, скрученных вместе в виде тросика. Используется в качестве проводника (жилы) в проводах и кабелях.

**Ступенчатый световод**

Световод с неизменным вдоль радиуса сердцевины показателем преломления.

**Стяжка (Tie Wrap)**

Гибкая пластиковая деталь, используемая для связки кабелей или пар в пучки или для прикрепления кабелей (пучков) к панелям переключений.

**Суммарная (помеха) (Power Sum)**

В многопарном кабеле – сумма помех от всех пар, образующаяся на одной паре, подверженной влиянию.

### ***Твинаксиал (двухпроводной кабель) (Twinaxial Cable)***

Два изолированных проводника (в общей изоляции), которые защищены металлическим экраном и заключены в оболочку (sheath). Поскольку двухпроводной кабель предназначен для высокочастотных сигналов, он часто используется для передачи данных и для видеоприложений.

### ***Тепловая катушка (Heat Coil)***

Электрическое защитное устройство, используемое для защиты оборудования от перегрева, возникающего в результате попадания в оборудование постороннего высокого напряжения, не отключенного вольто-ограничивающими устройствами. Устройство представляет собой катушку из тонкого провода, намотанного на медную трубку, которая содержит штыревой контакт, припаянный к трубке легкоплавким припоем. При появлении аномального тока катушка нагревает медную трубку, припой расплавляется и освобождает подпружиненный штыревой контакт, который, замыкаясь на заземленную пластину, направляет аномальный ток на землю.

### ***Топология (Topology)***

Физическая конфигурация локальной сети связи (т. е. форма организации системы). Наиболее распространенными топологиями распределительных систем являются шина, кольцо и звезда.

### ***Торцевой оптоволоконный соединитель, ST-соединитель (Straight-Tip Connector)***

Оптоволоконный соединитель, используемый для объединения одиночных световодов на соединительных панелях или для присоединения к оптическим кросс-панелям.

### ***Точка ввода кабелей связи (Telecommunications Entrance Point)***

Точка проникновения кабелей связи через наружную стену здания, плиту бетонного пола или точка выхода их из жесткого металлического кабелепровода либо из промежуточного металлического кабелепровода.

### ***Точка консолидации (Consolidation Point)***

Точка схождения кабелей, идущих от рабочих мест к горизонтальной проводке, в этом месте как раз и оканчивающейся.

### ***Точка перехода (Transition Point)***

Место в горизонтальной проводке, где круглый кабель соединяется с плоскими круглыми кабелями с меньшим числом пар.

**Удерживатель проводов (Wire Retention Tool)**

Пластиковый инструмент для удерживания заделанных проводов, при удалении соседних ненужных проводов с помощью узкогубцев.

**Управление (Administration)**

Контроль, переключение и документирование кабельной системы при эксплуатации.

**Устройство (Device)**

По отношению к рабочему месту, устройством является, например, телефонный аппарат, персональный компьютер, графический или видеотерминал, принтер.

**Фанерная стенка (Plywood Wall)**

Специально предназначена для монтажа блоков разводки.

**Хроматическая дисперсия**

Дисперсия, возникающая из-за разницы скоростей спектральных составляющих в световоде.

**Цифровой сигнал (Digital Signal)**

Сигнал, который представляет информацию в виде последовательности фиксированных, кодированных, прямоугольных импульсов, обычно имеющих два возможных уровня напряжения. Каждый уровень напряжения обозначает одну из двух возможных величин или логических состояний, таких как «включено» или «выключено», «открыто» или «закрыто», «истина» или «ложь». См. также *Аналоговый сигнал*.

**Четырехволоконный кабель (Quad Fiber Cable)**

Оптический кабель, состоящий из четырех одноволоконных оптических кабелей, заключенных в оболочку из поливинилхлорида вместе с вытяжным шнуром, предназначенным для оттягивания оболочки с целью доступа к одноволоконным кабелям.

**Числовая апертура**

Синус апертурного угла.

**Широкополосная сеть (Broadband Networks)**

Сеть, в которой полоса пропускания может совместно использоваться несколькими одновременно проходящими сигналами, которые передаются с помощью модуляции.

### ***Широкополосность (Bandwidth)***

Диапазон частот, который может использоваться для передачи информации по каналу, равный разности (в герцах, Гц) между максимальной и минимальной частотами, доступными на данном канале. Характеризует способность канала связи пропускать сигналы. Следовательно, чем шире полоса, тем больший объем информации может быть пропущен по линии.

### ***Шкаф (Cabinet)***

Контейнер, который может содержать соединительные устройства, оконцеватели, аппаратуру, проводку и другое оборудование.

### ***Шнур переключения (Patch Cord)***

Короткий отрезок электрического или оптического кабеля с разъемами на одном или обоих концах, используемый для соединения цепей связи на кросс-панели или с активным оборудованием.

### ***Штырь (Tip)***

Центральный проводник разъема, к которому присоединяется один из проводов пары, имеющий в документации это же обозначение («штырь»).

### ***Щель (веерная) (Fanning Slot)***

Имеющийся на боковых гранях блока разводки фигурный выем, через который протягивают кроссировочные провода («веером»).

### ***Щипцы (пассатижи) (Pliers)***

Инструмент, используемый для выдергивания контактных гребенок из индекс-гребенки.

### ***Экран (Screen)***

Слой металла, окружающий изолированные проводники в экранированном кабеле. Экран может представлять собой металлическую оболочку кабеля или металлические слои внутри неметаллической оболочки.

### ***Экран (двойной) (Shield)***

Экран из фольги или фольгированной пленки, поверх которого, как правило, имеется экран из оплетки проволокой.

### ***Эксцентриситет сердцевины***

Смещение оси сердцевины относительно оси оболочки.

### ***Электрический отсек (Electrical Closet)***

Обслуживающее этаж помещение, предназначенное для размещения электрических устройств, распределительных щитов и устройств управления. Является общепризнанным участком между силовым стояком и связанной с ним разводкой по этажу.

### ***Электромагнитное влияние (Electro Magnetic Interference (EMI))***

Помехи при передаче или приеме сигналов, вызываемые излучением электрического и магнитного полей.

### ***Электронная аппаратура (Transmission Electronics)***

Любые устройства, используемые с различными передающими средами для преобразования из одного метода передачи в другой. К электронным средствам передачи обычно относят оборудование мультимплексирования.

### ***Электросвязь (Telecommunications)***

Передача и прием электрических или оптических сигналов с помощью медных проводов, оптических кабелей или электромагнитных волн.

### ***Эллиптичность сердцевины***

Отклонение сечения сердцевины световода от круга.



# Сокращения

|  |   |
|--|---|
| EMI (Electromagnetic Interference)                   | Электромагнитное влияние (помехи)                 |
| IO (Information Outlet)                              | Информационная розетка                            |
| ISDN (Integrated Services Digital Network)           | Цифровая сеть с интеграцией услуг                 |
| ISO (International Organization for Standardization) | Международная организация по стандартизации, ИСО  |
| LAN (Local Area Network)                             | Локальная сеть, LAN-сеть                          |
| MC (Main Cross-Connect)                              | Основная кросс-панель                             |
| MUX (Multiplexer)                                    | Мультиплексор                                     |
| NEXT (Near End Crosstalk)                            | Переходное затухание на ближнем конце             |
| PBX (Private Branch Exchange)                        | Местная телефонная станция с выходом в общую сеть |
| PDS (Premises Distribution System)                   | Распределительная система для помещений           |
| PVC (Polyvinyl Chloride)                             | Поливинилхлорид                                   |
| PVDF (Polyvinylidene Difluoride)                     | Поливинилиден дифтор                              |
| SCS (Structured Cabling System)                      | Структурированная кабельная система               |
| STP (Shielded Twisted Pair)                          | Экранированная витая пара                         |
| TC (Telecommunications Closet)                       | Отсек связи                                       |
| TIA (Telecommunications Industry Association)        | Ассоциация промышленности связи                   |
| UL (Underwriters Laboratories)                       | Организация Underwriters Laboratories             |
| UTP (Unshielded Twisted Pair)                        | Неэкранированная витая пара                       |
| WA (Work Area)                                       | Рабочая зона                                      |

---



ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ

**РУССКАЯ ПАНОРАМА**

---

серия

**«ПРОФЕССИОНАЛЫ: ПРОСТО О СЛОЖНОМ»**

---

*ГАЛЬПЕРОВИЧ Давид Яковлевич,  
ЯШНЕВ Юрий Владимирович*

---

# **ИНФРАСТРУКТУРА КАБЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ**

---

Научно-техническое издание

Редактор, художник *И.А.Настенко*  
Технический редактор *О.Е.Пугачева*  
Художественное оформление, макет SPSL

---

ISBN 5-93165-145-4



---

НП ИД «Русская панорама», лицензия ЛР №030734 от 29.04.97.  
109028, Москва, Серебряническая набережная, 27, оф. 103.  
Тел./факс: (495) 917 5983, 917 7094. E-mail: [in@rus-pan.ru](mailto:in@rus-pan.ru)

---

Подп. в печать 10.12.06. Печать офсетная. Гарнитура SPSL-Dutch.  
Формат 60 x 90 / 16. Бумага офсетная. Усл. учетно-издат. л. 17.  
Тираж 1200 экз. Заказ № 185.

---

Отпечатано с готовых диапозитивов в ГП «Облизлат».  
248649, г. Калуга, пл. Старый Торг, 5.



**Диалог.**  
*сети*  
СИСТЕМНЫЙ ИНТЕГРАТОР





Книга издана при финансовой  
и организационной поддержке  
ЗАО «Фирма Диалог-Сети»

ISBN 5-93165-145-4

