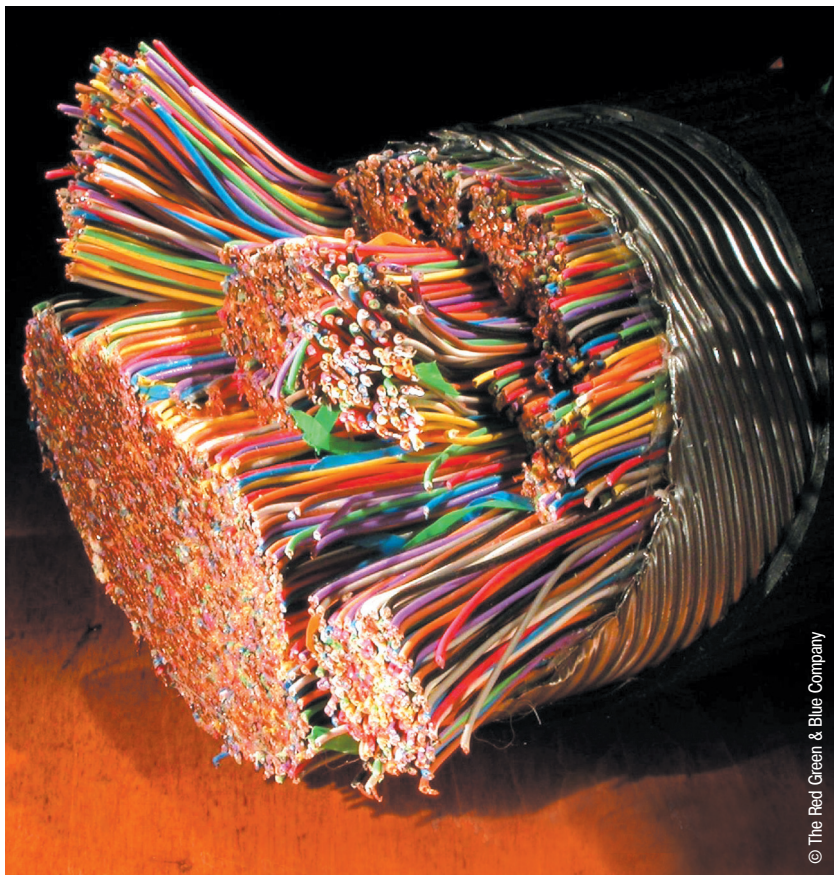


ТЕХНОЛОГИИ И БИЗНЕС

кабельные системы



© The Red Green & Blue Company

Медные линии Классификация и конструкция

Каким бы бурным ни было развитие сетей сотовой и спутниковой связи, как бы ни росло применение волоконно-оптических кабелей* на магистральных участках сетей, проблем с обслуживанием медных кабелей хватит еще не на одно поколение связистов.

В нашей стране ни о какой замене медных кабелей на оптические аналоги (особенно на абонентской телефонной сети) пока речь не идет. Такая замена связана с гигантскими финансовыми затратами, на которые сегодня не может пойти ни одна ГТС.

* Предыдущие статьи цикла опубликованы в номерах 1–8, 10/2006 ТЕЛЕКОМа.

Кабели бывают разные...

В сетях связи сегодня наиболее распространены симметричные кабели с медными проводниками. Их можно разбить на две группы (в зависимости от диапазона частот, в котором они используются) — на низкочастотные и высокочастотные кабели.

Низкочастотные кабели применяются в абонентских телефонных се-

тях уже более 100 лет. При их разработке основная задача состояла в поиске оптимального сочетания проводника и изоляционного материала. В итоге остановились на комбинации медного проводника и изолятора в виде сухой бумаги. Без преувеличения можно сказать, что такой кабель быстро стал отраслевым стандартом.

Однако, как выяснилось позже, верность данного решения была спорной. Негативной стороной использования бумаги являлось то, что вода, попавшая в кабель, практически полностью выводила его из строя. Чтобы исключить проникновение влаги в кабель, его содержали под избыточным воздушным давлением.

В 1950 году в прессе впервые появилась информация о разработке кабеля в так называемом «пластмассовом исполнении». Сами кабели с пластиковой изоляцией жил (PIC — Plastic Insulated Conductor) появились в начале 1960-х годов и применялись для замены кабелей с бумажной изоляцией, срок службы которых был исчерпан. Также с помощью пластика стали заменять и свинцовую оболочку кабелей. Это было связано с тем, что использование свинца для изготовления кабелей связи достигло гигантских масштабов, и стало ясно: дальше применять свинец не удастся.

После нескольких лет экспериментов промышленность остановилась на полиэтилене низкой плотности. Первые образцы кабелей с полиэтиленовой изоляцией жил и пластмассовой оболочкой испытывались на распределительном участке абонентских сетей.

Поначалу многие специалисты считали переход на повсеместное использование пластика настоящей панацеей от проникновения воды под оболочку кабеля. Однако, как оказалось, вода способна просачиваться и сквозь пластиковую изоляцию. Влага постепенно проникала под оболочку кабелей — и через несколько месяцев сопротивление линии увеличивалось и появлялись шумы. Бесчисленные места срачивания кабеля под землей заполнялись водой. Устранение последствий воздействия воды на кабель стало чуть ли не тенденцией раз-

вития отрасли. Качество связи по сетям, в которых использовались кабели с пластмассовой оболочкой, деградировало. Процесс шел достаточно медленно, однако это было слабым утешением. Основным средством борьбы с проникновением влаги явилось использование водоотталкивающих (гидрофобных) наполнителей.

Высокочастотные симметричные кабели появились в 1930-х годах. Они предназначались для применения в аналоговых системах передачи высокочастотных междугородных линий связи. Позднее были разработаны специальные конструкции симметричных высокочастотных кабелей для цифровых систем передачи.

Основной проблемой при создании высокочастотных симметричных кабелей было устранение переходных влияний на высоких частотах. Как известно, самой серьезной причиной переходных влияний является остаточная асимметрия пар, обусловленная повреждениями, полученными в процессе эксплуатации, а также конструктивными дефектами их изготовления. Чтобы минимизировать влияние последнего фактора, на заводах внедрялся тщательный контроль однородности в процессе производства. Также симметрия пар достигалась оптимальным выбором шага скрутки. В современных конструкциях симметричных кабелей широко применяются тонкие экраны из металлической фольги для разделения групп в сердечнике кабеля.

Помимо симметричных кабелей в сетях связи также применяются коаксиальные. Идея создания таких кабелей впервые родилась в 1934 году у российского эмигранта в США, сотрудника Bell Labs, С. А. Шелкунова.

С ростом передаваемой частоты затухание в коаксиальных кабелях не увеличивается, а уменьшается. Вследствие поверхностного эффекта рабо-

чий ток оттесняется к периферии внутреннего проводника и к внутренней поверхности внешнего проводника. Таким образом, помехи, наводимые с соседних пар, не смешиваются с рабочим током.

Сферы применения

Кабельные линии ГТС разделяются на три структурных участка: магистральный, распределительный и абонентский. Все три участка различаются типами применяемых кабелей.

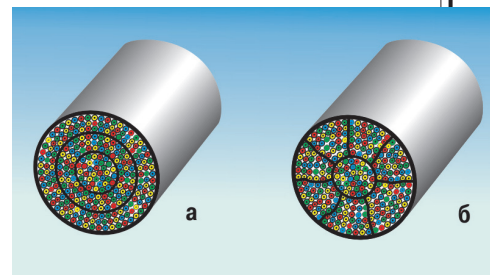
На соединительных линиях между АТС, а также на магистральных участках от АТС до распределительных шкафов применяются многопарные кабели большой емкости (до 1200 пар). Как правило, эти кабели содержатся под избыточным воздушным давлением, обеспечивающим защиту от влаги и, следовательно, больший срок службы.

На распределительном участке сети применяются кабели емкостью 10–100 пар. Эти линии не содержатся под давлением. Протяженность распределительного участка обычно составляет около 30 % от общей протяженности линий кабельной сети. Абонентская проводка выполняется однопарным телефонным проводом.

Современные отечественные магистральные и распределительные кабели типа Т (телефонный с воздушно-бумажной изоляцией жил) или ТПП (телефонный с полиэтиленовой изоляцией жил и в пластмассовой оболочке), распространенные в абонентской сети, отличаются только емкостью. Абонентская проводка выполняется кабелями типа ТРВК (телефонный распределительный кабель с поливинилхлоридной изоляцией) и ТРПК (телефонный распределительный кабель с полиэтиленовой изоляцией) с медными жилами.

С учетом сегодняшней ситуации можно выделить несколько областей, где симметричный кабель будет использоваться довольно продолжительное время:

- ✓ физические линии связи (магистральные, распределительные и внутридомовые кабели абонент-



Пучковая (б) скрутка удобнее повивной (а) при организации ответвлений

ской сети ГТС, кабели аналоговых соединительных линий ГТС и т. п.);

- ✓ уплотненные линии связи (кабели аналоговых и цифровых многоканальных систем передачи межстанционных соединительных линий ГТС и СТС, магистральной и внутризоновой первичной сети, ведомственных сетей связи и т. п.);

- ✓ структурированные кабельные системы (категоризованные кабели для высокоскоростной передачи данных на малые расстояния).

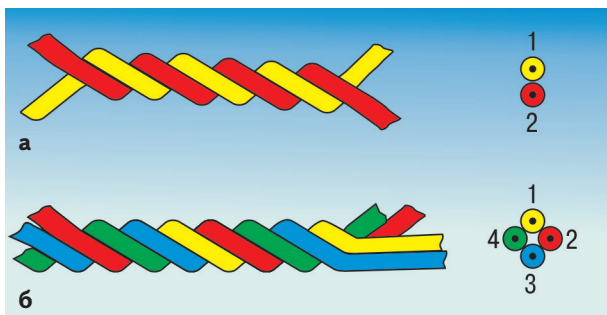
Предложенная классификация условна (например, на кабелях для физических линий или кабелях СКС могут работать многоканальные системы передачи).

Симметричная конструкция

Основной элемент симметричного кабеля – электрическая цепь, состоящая из двух скрученных изолированных медных жил. Ее параметры (емкость и проводимость изоляции) симметричны относительно земли. Отсюда и название – симметричная пара (скрученная пара, витая пара).

Скручивание жил нужно для уменьшения электромагнитного влияния между парами в многопарном кабеле. Особое значение имеет шаг скрутки – расстояние, через которое повторяется взаимное расположение жил. Для минимизации переходного влияния между парами в многопарных кабелях они скручиваются с различным шагом. Чем выше частота сигнала, на которую рассчитан кабель, тем регулярнее и плотнее должна быть скрутка. Скрутка – это первый «секрет» симметричных ВЧ-кабелей.

Сама медная жила может иметь различный диаметр, может быть сплошной (в монтажных кабелях) или в виде жгута из нескольких тонких неизолированных проволок (в гибких кабелях и шнурах, используемых для подключения оборудования и коммутации цепей).



Четверочная скрутка (б) обладает более устойчивыми механическими характеристиками по сравнению с парной (а)

В качестве изоляции жил применяется телефонная бумага, полиэтилен, полистирол, ПВХ, стирофлекс, фторопласт и др. Полиэтиленовая изоляция НЧ-кабелей может быть сплошной, пористой или пористо-сплошной. Пористая — позволяет снизить вес кабеля, что важно, так как толстая изоляция жил обеспечивает снижение электрической емкости и коэффициента затухания кабеля.

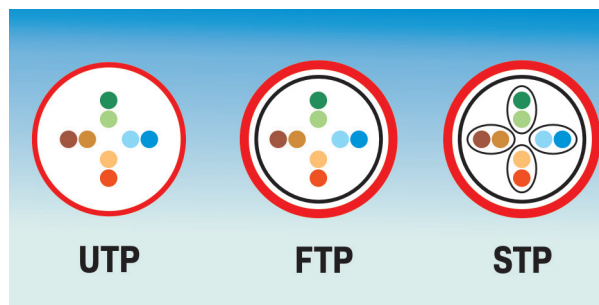
Второй «секрет» высокочастотных кабелей — изоляция жил. В ВЧ-кабелях обычно используется кордельная изоляция, у которой слой изолирующего диэлектрика имеет меньшую площадь контакта с жилой. Такая изоляция накладывается не на саму жилу, а на предварительно наложенную кордель (тонкий шнур) с сохранением воздушного промежутка между изоляцией и жилой.

Иногда для более устойчивых механических и электрических характеристик кабеля вместо парной используется четверочная скрутка (две двухпроводных цепи).

Пары и четверки скручиваются в сердечник кабеля для обеспечения однородности электрических параме-

тров всех пар кабеля (между ними и по всей их длине). При повивной скрутке сердечник состоит из цилиндрических слоев (четные и нечетные пары слоя имеют различный шаг скрутки), где каждый следующий слой содер-

жит на шесть пар больше предыдущего (начиная с 2 или 4 пар). При пучковой скрутке сначала скручиваются элементарные пучки (из 10 пар или 5 четверок с разным шагом скрутки) — в сердечники кабелей с числом пар до 100 или в главные пучки (по 10 элементарных), которые, в свою очередь, скручиваются в сердечник кабеля с числом пар более 100. Иногда главные пучки скручиваются не из элементарных, а с использованием повивной скрутки составляющих его пар. Очевидно, что пучковая скрутка обеспечивает максимум удобств при организации разветвлений, которые часто использу-



Симметричные кабели для СКС — варианты электромагнитной защиты

ются на магистральном и распределительном участке абонентской телефонной сети.

Защиту от электромагнитных влияний симметричных кабелей осуществляют за счет организации электростатического экрана вокруг витых пар и/или всего сердечника. Экран может быть выполнен из фольги или в виде сплетенного из проволок чулка. Хорошо известны кабели СКС с незащищенными витыми парами (UTP), с электростатическим экранированием сердечника (FTP) и с индивидуально защищенными парами (STP).

Как уже отмечалось, сегодня почти все кабели изготавливаются в оболочке из полиэтилена. Для защиты от проникновения влаги в оболочке может применяться барьер из алюминиевой фольги (он же играет роль общего электростатического экрана). Для укладки вне зданий используются герметизированные кабели, у которых свободный объем сердечника заполнен водоотталкивающим составом (гидрофобным компаундом).

В оболочке кабеля используются также элементы, обеспечивающие дополнительную механическую защиту. Незащищенные кабели называются голыми и предназначены для укладки в кабельной канализации, крепления к стенам или подвески. Непосредственно в грунт укладываются бронированные кабели.

Для подвески на опорах используются подвесные ВОК двух типов: содержащие металлические элементы (встроенные в грозотрос, в фазный провод или металлические подвесные самонесущие) и полностью диэлектрические (самонесущие, подвешиваемые к грозотросу или фазному проводу, навешиваемые на грозотрос или фазный провод). ●

Учебный центр
«А-КОМ Академия»

Классификация симметричных кабелей

| | |
|---|--|
| Токопроводящая жила | диаметр (0,32 мм; 0,4 мм; 0,5 мм; 0,63 мм; 0,7 мм; 0,9 мм; 1,2 мм) материал жилы (сплошной для монтажных кабелей или из нескольких проволок для гибких кабелей и шнуров) |
| Изоляция жил | бумажная изоляция (пористо-бумажная, трубчато-бумажная, кордельная) полимерная (полиэтилен, полистирол, ПВХ, стирофлекс и др.) изоляция (кордельная, сплошная, пористая, пористо-сплошная) |
| Скрутка жил | парная звездная |
| Число пар | от 1 до 2400 |
| Скрутка сердечника | повивная пучковая с повивной скруткой главных пучков пучковая со скруткой главных пучков из элементарных пучков |
| Цветное кодирование | жил (цветная маркировка изоляции) пучков сердечника (цветная маркировка скрепляющей нити или ленты) |
| Защита от электромагнитного влияния (электростатический экран) | незащищенные кабели экранирование сердечника кабеля (всех витых пар) экранирование групп сердечника индивидуальное экранирование витых пар комбинированное экранирование (сердечника кабеля и витых пар) |
| Оболочка | свинцовая полимерная |
| Механическая защита | незащищенные (голые) кабели бронированные кабели (броня из стальных проволок или стальных лент, гофрированная металлическая оболочка) защита брони (полимерный шланг, пропитанный волокнистым покровом) |
| Защита от влаги | незащищенные кабели содержание кабеля под избыточным давлением алюмополимерная лента (барьер Гловера) гидрофобное заполнение (герметизированные кабели) |
| Специальные возможности | самонесущие кабели встроенные в грозозащитный трос или фазный провод |