

Соединение отрезков кабелей связи

Линии связи образуются из кабелей, имеющих определенную длину отрезков. Для соединения отдельных отрезков с сохранением условий распространения сигнала применяются специальные конструктивные элементы, которые часто выполняются в виде соединительных муфт. Тип муфты определяется типом кабеля связи, на который устанавливается муфта. При соединении различных частей кабеля связи монтажнику приходится сталкиваться с необходимостью срастить десятки жил небольшого диаметра. При этом соединение должно быть надежным, чтобы не влиять негативно на качество связи. Для защиты соединения от внешних воздействий используются кабельные муфты связи. Они восстанавливают защитную оболочку кабеля, надежно предохраняя место сращивания от повышенной влажности и механического воздействия. Представляют собой кабельные муфты связи корпуса из полиэтилена, чугуна или свинца различной формы и размера.

Симметричный кабель может соединяться следующими способами:

- скрутка с пайкой;
- с помощью зажимов: индивидуальных или групповых;
- с помощью обжимных гильз
- с помощью болтовых соединителей.

Жилы симметричного кабеля, соединённые при помощи скрутки и скрутки с пайкой, изолируют с помощью диэлектрических гильз.

Для соединения коаксиальных кабелей недостаточно контакта жил — необходимо обеспечить сохранение электрических параметров. Поэтому коаксиальные кабели соединяют с помощью специальных гильз.

Оптические волокна сращивают с помощью сварки, либо с использованием неразъёмных соединителей. При сращивании оптических волокон большое значение имеет подготовка оптического волокна: торцы оптических волокон должны быть максимально гладкими, поверхность не должна быть загрязнена пылью. Современные сварочные аппараты для оптических волокон позволяют на месте контролировать качество сварки, для чего содержат микроскоп, а также тестовый лазер, позволяющий проверить затухание сигнала при прохождении сварного шва.

Для сварных соединений типичный диапазон достигаемых вносимых потерь составляет 0,02–0,1 дБ как для одномодовых, так и для многомодовых волокон. В настоящее время получение хорошего сростка упростилось благодаря постоянному прогрессу сварочного оборудования, процедур сварки — с одной стороны, и постоянному улучшению геометрических параметров волокна — с другой стороны. На качество сварного соединения влияют множество факторов, среди которых основными являются вносимые потери сростка, - прочность на растяжение.

Эти параметры определяются несовпадением диаметров волокон и числовых апертур, несовпадением показателей преломления,

неконцентричностью сердцевины и оболочки. Кроме того, в процессе сращивания могут возникать продольные и угловые смещения, загрязнение и деформация сердечника, однако, влияние этих факторов может быть сведено до минимума за счет использования современных автоматических сварочных аппаратов и обученного персонала.

Процесс создания сростка состоит из трех этапов:

- подготовки волокон – удаления оболочки, удаления загрязнения с очищенных поверхностей и скола очищенных волокон;
- непосредственно процесса сварки и оценки качества сварного соединения;
- защиты оголенного участка волокна от механического давления и влияния окружающей среды посредством герметичной оболочки – термоусадочной гильзы.

Процесс сварки заключается в сближении волокон с предварительно подготовленными торцевыми поверхностями на заданное расстояние, центрировании осей волокон вдоль оси абсцисс и последующем создании дугового разряда между электродами. При этом подготовка торцевых поверхностей осуществляется скалывателем, параметры которого имеют большое значение, так как они определяют перпендикулярность полученной в результате скола поверхности к оси волокна, что является существенным фактором при сварке ОВ.

Рассмотрим муфты для оптических кабелей связи. От их конструкции и надежности во многом зависит бесперебойная и качественная связь. Они предназначены для защиты сростков оптических волокон от атмосферных влияний и механических воздействий при строительстве и эксплуатации волоконно-оптических линий связи. Они также обеспечивают механическую и электрическую непрерывность кабеля независимо от способа прокладки (непосредственно в земле, в кабельной канализации или воздушных линиях). Непрерывность линии связи обеспечивается за счет соединения оболочек кабелей и их центральных элементов. Кроме того, соединительные муфты должны обеспечивать упорядоченное размещение сростков в соединительных кассетах и хранение резервной длины жгутовых модулей с полой оболочкой.

На сегодняшний день в России действует восемь кабельных заводов, выпускающих различные ОК для:

- прокладки непосредственно в грунт;
- прокладки в кабельной канализации;
- прокладки в пластмассовых трубах;
- подвески на опорах линий связи, контактной сети железных дорог или опорах ЛЭП;
- подвески ОК, размещенного в грозотросе ЛЭП;
- навивки ОК на фазовые провода ЛЭП;
- прокладки в воду;
- прокладки в помещениях и охраняемых зонах.

Если принять среднюю строительную длину ОК равной 5 км, то для монтажа всего выпускаемого количества кабеля в единую линию потребуются несколько сотен тысяч соединительных муфт. Ни одна муфта не может удовлетворять всему спектру требований и различных особенностей применения. Поэтому было разработано много типов универсальных муфт, предлагающие решение всех проблем, встречающихся на практике. Выбор конструкции любой муфты зависит от условий их применения и способов прокладки ВОК. Любая муфта должна иметь:

- детали для закрепления оболочки ВОК;
- узлы для обеспечения электрической непрерывности и механической прочности силовых элементов конструкции ВОК;
- кассеты для хранения и защиты ОК;
- узлы для заземления.

Большое влияние на уточнение конструкций муфт оказывает их назначение и условия эксплуатации. Как известно, соединительные муфты могут размещаться в помещениях, колодцах кабельной канализации, коллекторах, шахтах, грунтах различных категорий, водоемах и на открытом воздухе. Такое разнообразие установки требует при разработке конструкции муфт обеспечить:

- простоту и надежность монтажа ВОК (заделка бронепокровов и центрального силового элемента ЦСЭ);
- минимально допустимые радиусы изгиба ОВ (не менее 30 мм) и надежное закрепление мест соединения и выкладку ОВ в кассетах;
- выкладку запаса модулей для компенсации изменения длины ОВ в зависимости от изменения температуры в интервале от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$;
- возможность ввода дополнительного ВОК в действующую муфту;
- возможность ввода кабеля транзитом, а также через ответвительные и разветвительные соединения;
- механическую прочность оболочек и всех пластмассовых деталей;
- возможность установки защитных кожухов, предохраняющих муфту от актов вандализма и ультрафиолетового (солнечного) излучения;
- герметичность в условиях воздействия факторов окружающей среды (температуры, состояния атмосферы, грунтовых вод, дождя);
- сохранения всех параметров надежности на весь период эксплуатации;
- ремонтпригодность;
- стабильность коэффициентов затухания (отсутствие дополнительных затуханий из-за микроизгибов);
- защищенность от ударов молнии.

Чтобы обеспечить эти требования, в муфте применяются высокопрочные светостабилизированные пластмассы и нержавеющей стали,

термоусаживаемые материалы с подклеивающей основой, самоотверждающиеся компаунды, вулканизированная резина, мастики, ленты и клеи как отечественного, так и зарубежного производства.

Наибольшей эксплуатационной надежностью должны обладать те части соединительных муфт, которые осуществляют защиту ОК от напряжения изгиба, кручения и произвольного проникновения воды под броней, например, узлы заделки бронепокровов. В некоторых конструкциях муфт предусматриваются дополнительные меры защиты от действия токов молнии. С этой целью, например, муфта МТОК 96-01, используемая для монтажа магистральных кабелей 1, 2 и 3 типов, снабжена узлом (штуцером) для закрепления стальных круглых проволок брони вводимого в муфту кабеля 1,2-1,5 мм любой жесткости без дополнительного изгиба. Такой узел крепления обеспечивает приложение усилия растяжения до 50-80% от максимально допустимого растягивающего усилия монтируемого ВОК. Канал штуцера на входе и выходе промежуточной оболочки ВОК герметизируется мастиками для защиты от продольного проникновения воды.

Для крепления проводов заземления с целью получения электрических замкнутых изолированных бронепокровов сращиваемых ВОК, используется узел крепления, который допускает прохождение токов молнии до 114 кА. В оголовнике муфты имеются патрубки для вывода проводов заземления наружу и подсоединения их к контейнеру заземления.

Внутри соединительной муфты находятся узлы и детали, предназначенные для размещения и крепления конструктивных элементов ВОК:

- ЦСЭ специальным механическим узлом;
- устройства для размещения и крепления запасов ОВ любых используемых типов кабелей, в том числе с модульными трубками любой жесткости со свободно лежащими в одной трубке ОВ;
- устройство для обеспечения возможности прохождения части волокон транзитом.

Конструкция муфты характеризуется способом герметизации – «холодным» или «горячим» и видом соединения строительных длин: проходным тупиковым и универсальным. «Холодный» способ восстановления оболочек ВОК имеет разновидности, которые базируются на соединении наружных частей муфт с помощью:

- болтов (муфты: BR компании Morel; UCS04-6 АО «Межгорсвязьстрой» + RXS; металлические муфты серий MOM3 и MOMY АО «Лентелефонстрой»);
- хомутов (муфты: FOSC компании Raychem, FSCO компании Fujikura, а также муфты компаний Hellermann и EGERTON);
- защелок (муфта 2500 LG/DC4 компании Lucent Technologies).

«Горячий» способ восстановления оболочек ВОК предусматривает применение огня или горячего воздуха. При этом способе наружные части муфты соединяются:

- нагревом полиэтиленовых или термоусаживаемых лент;
- нагревом манжет или термоусаживаемых трубок (ТУТ) (муфты: FOSC-100 компании Raychem и МТОК96 ЗАО «Связьстройдеталь»).

В ряде конструкций одновременно используются методы «холодного» и «горячего» способа герметизации муфт. Например, в муфте FOSC-400 компании Raychem корпус с оголовником соединяется механическим способом на хомутах, в муфте 2500 LG/DC4 компании Lucent Technologies механическое соединение осуществляется защелками, а ввод ВОК в оголовник герметизируется ТУТ.

Несмотря на многообразие конструкций, муфты делятся на две основные группы:

- проходные муфты (ВОК вводится с двух сторон муфты), например, муфты ОАО «Межгорсвязьстрой» + RXS серии UCSO 4-6;
- тупиковые муфты (ВОК вводится с одной стороны муфты), например, муфты ЗАО ССД серии МТОК96.

Конструкция проходных муфт позволяет использовать их как тупиковые, осуществляя ввод ВОК только с одной (вторая сторона закрывается заглушками). Такие муфты имеют термин «универсальные» муфты (UCSO). Из анализа публикаций следует, что в промышленном производстве предпочтение отдается муфтам с «холодным» способом крепления частей муфт. При этом, муфт тупикового и проходного типов производится примерно поровну, хотя следует отметить, что муфты тупикового типа обладают рядом преимуществ перед проходными муфтами, например, при их установке в грунтах не возникают изгибающие и осевые напряжения, на тупиковых муфтах проще производить соединение частей муфты и ремонтные работы.

Большинство зарубежных производителей проходных муфт используют соединение частей муфт на болтах с использованием в качестве герметика по линии разъема силиконовые прокладки или герметизирующие мастики, кабели вводятся внутрь муфты через уплотнительные элементы из полиуретана. В муфтах таких конструкций при их вскрытии для ремонта или профилактики требуется полная или частичная замена прокладок.

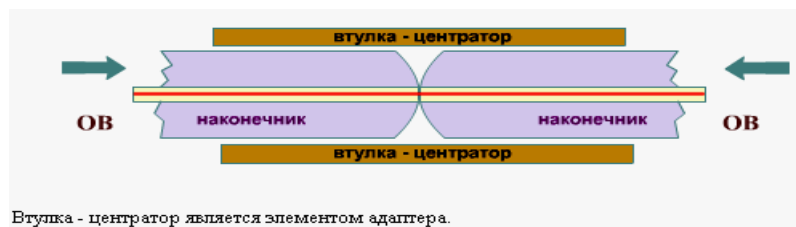
Необходимо отметить, что с течением времени из-за сжатия пластмассовых частей муфты в них происходит релаксационные процессы, что может привести к их разгерметизации. Проникновение влаги в муфту можно определить только при сезонных контрольных проверках, а за это время влага может полностью разрушить ОВ или привести к значительному увеличению затухания волн. Поэтому такие муфты при использовании на ВОЛС требуют применения дополнительного защитного кожуха с

промежуточной заливкой герметиком, как это делается в муфте МТОК96-01-IV.

Наряду с неразъемными соединениями ОВ применяются разъемные сочленения. При соединении однотипных волокон, что имеет наибольшее распространение на практике, эффективным является соединение торец в торец (core to core), которое может быть реализовано только при обеспечении строгой соосности волокон, идентичности геометрии, а также высокой степени гладкости и перпендикулярности торцевых поверхностей к оси волокна.

Потери, вносимые механическим соединителем, определяются дефектами сопряжения, вызванными радиальным, угловым и осевым смещением соединяемых волокон. Так как осевое смещение сказывается на качестве соединения в меньшей степени, при создании механических соединителей основное внимание уделяется минимизации радиального и углового смещения. Это достигается, с одной стороны, использованием высококачественных скалывателей, обеспечивающих перпендикулярность скола волокна с точностью до 1 градуса, а с другой – шарнирных центрирующих элементов (Fibrlok фирмы 3М) или направляющих, имеющих V-образную форму (Corelink фирмы 3М). Кроме того, в механических соединителях используется иммерсионный гель, заполняющий место контакта волокон, как согласующая среда. Такие конструкции обеспечивают типовое значение потерь, равное 0,2–0,5 дБ для многомодовых волокон и 0,2–1 дБ для одномодовых волокон при отражении, не превышающем –45 дБ (Fibrlok) и –55 дБ (Corelink). Количество циклов соединения составляет более 10, а время соединения после подготовки волокон не превышает 30 сек. Диапазон рабочих температур данных соединителей лежит в пределах от –40°C до +80°C.

Основой большинства конструкций **разъемных соединителей (РС)** является штекерный наконечник, который вставляется в юстирующий элемент в виде втулки, а сам соединитель состоит из двух частей: вилки (коннектора) и розетки (адаптера).



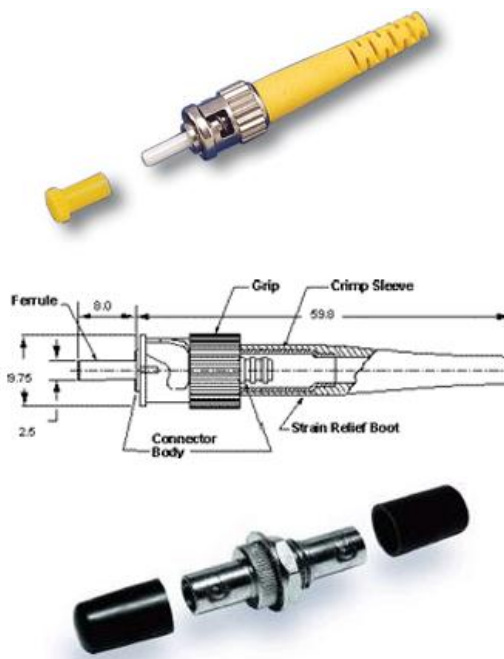
Большинство разъемных соединений содержит следующие элементы:

- наконечник (ferrule) – используется для фиксации волокон в разъеме,
- соединительная гильза – служит для совмещения наконечников, является частью адаптера,
- antivращательный механизм – предотвращает вращение наконечников, не допуская разрушения волокна,
- пружинный механизм – обеспечивает необходимое усилие сжатия наконечников,

- система гашения натяжения – передает усилие натяжения кабеля на несущую конструкцию разъема,
- адаптер (для соединения двух волокон используется гильза, входящая в состав адаптера).

Приведем некоторые типы разъемных соединителей.

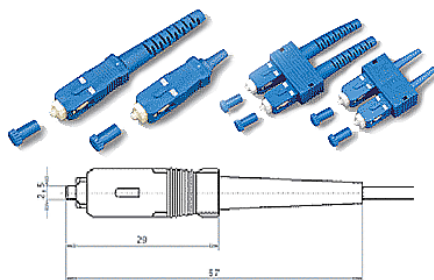
Коннектор типа ST (straight tip connector, неофициальная расшифровка Stick and Twist– “вставь и поверни”) разработан Lucent Technologies в середине 80-х годов.



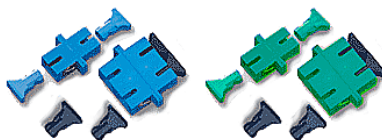
Конструкция основана на керамическом наконечнике диаметром 2,5 мм с выпуклой торцевой поверхностью, которая обеспечивает физический контакт сращиваемых световодов. Для защиты наконечника от проворачивания в момент установки использован выступ, вводимый в паз розетки. Фиксация вилки на розетке выполняется подпружиненным байонетным элементом. Три варианта коннектора ST, STII, STII+, которые полностью совместимы друг с другом по посадочным местам в розетке и имеют незначительные конструктивные отличия, улучшающие их эксплуатационные свойства по мере перехода к более совершенной модели.

Коннекторы типа SC (subscriber connector, неофициальная расшифровка Stick and Click–«вставь и защелкни»).

Коннектор SC Коннектор SC Дуплекс



Адаптеры



Конструкция—устройство с пластмассовым корпусом прямоугольной в сечении формы, хорошо защищающим наконечник, обеспечивающим плавное подключение и эффективную механическую развязку фиксирующего элемента и кабеля. Подключение и отключение коннектора SC производится линейным движением, что полностью устраняет проблемы, связанные с проворачиванием наконечников соединителей друг относительно друга в момент фиксации в розетке. Защелка коннектора открывается только при вытягивании за корпус. За счет отсутствия вращательных движений при установке и демонтаже обеспечиваются меньшие потери и большая стабильность параметров. Правильность установки коннектора в розетке задает направляющий выступ.