

В.С. Иванов, А.Н. Сергеев

**Направляющие среды передачи сигналов в
структурированных кабельных системах**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2018

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО СВЯЗИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
“САНКТ- ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М. А. БОНЧ-БРУЕВИЧА”**

В.С. Иванов, А.Н. Сергеев

**Направляющие среды передачи сигналов в
Структурированных кабельных системах**

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2018

УДК 681. 7(075.8)
ББК 3286я73
И20

Рецензенты:

Утверждено редакционно-издательским советом СПбГУТ
в качестве учебного пособия

В.С. Иванов, А.Н. Сергеев.

И20 Направляющие среды передачи сигналов в структурированных кабельных системах. Учебное пособие / В.С. Иванов, А.Н. Сергеев; СПб ГУТ. – СПб. , 2018г. -100 с.

Приводятся основные сведения о структурированных кабельных системах и их основных компонентах на основе “витой пары” и оптической среды передачи. Рассматриваются среды передачи сигналов в структурированных кабельных системах на основе “витой пары” и оптические среды передачи, а также их конструктивные и электрические характеристики

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению 11. 03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», а также для слушателей ОДПО СПбГУТ.

УДК 681. 7(075.8)
ББК 3286я73

© В.С. Иванов, А.Н. Сергеев, 2018

© федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
государственный университет телекоммуникаций им. проф.
М. А. Бонч-Бруевича”

Направляющие среды передачи сигналов в структурированных кабельных системах.

Содержание

Введение	5
1. Основные сведения о структурированных кабельных системах.	6
1.1. История появления и развития СКС.	6
1.2. Базовые сведения о СКС.	10
1.2.1. Архитектура и структура.	10
1.2.2. Подсистемы СКС и их реализация.	15
1.2.3. Понятия “ канал” и “ стационарная линия” и их характеристики.	19
1.2.4. Категории компонентов и классы аппаратуры, линий и каналов.	22
1.2.5. Ограничения на длины кабелей и шнуров СКС.	26
2. Основные составные части и компоненты СКС на основе “витой пары”.	28
2.1. Основные компоненты СКС на основе “витой пары”.	28
2.1.1. Распределительные устройства.	33
2.1.2. Информационные розетки.	36
2.1.3. Разъемы для электрических кабелей.	38
3. Среда передачи сигналов в СКС на основе “витой пары”.	41
3.1. Классификация кабелей СКС.	41
3.2. Кабели на основе “витой пары”.	43
3.2.1. Горизонтальный кабель.	44
3.2.2. Магистральный кабель.	48
3.2.3. Кабель для шнуров и провода для перемычек.	50
3.3. Электрические характеристики кабелей СКС.	51
3.3.1. Параметры передачи.	52
3.3.2. Структурные и возвратные потери.	54
3.3.3. Параметры влияния.	57
3.3.4. Скорость распространения и задержка сигнала.	66
3.3.5. Характеристики каналов и стационарных линий на постоянном токе.	68
3.3.6. Электрические характеристики горизонтального кабеля.	69
4. Оптическая среда для передачи сигналов в СКС.	71
4.1. Волоконные световоды для оптических кабелей СКС.	71

4.2. Волоконно-оптические кабели СКС.	77
4.3. Основные параметры оптических трактов СКС.	81
4.4. Требования стандартов к волоконно-оптическим кабелям СКС.	83
4.5. Требования к волоконно-оптической части СКС.	85
4.6. Коммутационные и монтажные шнуры.	87
4.7. Основные компоненты СКС с оптической средой передачи.	87
4.7.1. Оптическое коммутационное оборудование.	88
4.7.2. Разъемы для оптических кабелей.	90

Введение

В настоящее время деятельность любого современного предприятия и учреждения, независимо от их размеров и вида собственности, невозможна без широкого использования информационных технологий. Каждому предприятию необходимы телефонная связь, локальная вычислительная сеть, телевидение, системы охранной и пожарной сигнализации и много других инженерных систем, для функционирования которых должна быть организована передача электрических сигналов по всей территории предприятия и его филиалов. На любом предприятии должна существовать развитая телекоммуникационная инфраструктура, обеспечивающая транспортировку потоков информации.

Основой такой телекоммуникационной инфраструктуры здания или группы зданий является структурированная кабельная система (СКС). Она состоит из электрических медных и волоконно-оптических кабелей, кросс-панелей, соединительных шнуров, кабельных разъемов, модульных гнезд, информационных розеток и вспомогательного оборудования. Все компоненты интегрируются в единую систему, способную передавать информацию со скоростями до 1 Гбит/с и более.

Структурированная кабельная система является одним из элементов информационного пространства и предназначена для решения задачи автоматизации рабочих мест его сотрудников и для поддержки функционирования в нем таких инженерных систем как:

- компьютерных, телефонных и телевизионных сетей;
- систем пожарной и охранной сигнализации;
- систем видеонаблюдения и т.д.

Основными признаками СКС являются:

- стандартизованная структура и топология;
- использование компонентов (кабели, распределительные устройства, разъемы и т.д.) только из определенного стандартом перечня;

- обеспечение стандартизованных параметров (затухание, ширина полосы пропускаемых частот и др.) линий связи и трактов передачи, организованных с ее помощью;

- управление (администрирование) стандартизованными методами.

Преимущества СКС заключаются в следующем:

- СКС обеспечивает подключение любого стандартного активного и пассивного оборудования, поддерживает любое стандартное приложение своего класса.

- система позволяет в широких пределах менять топологию без замены существующей сети. Возможна поддержка работы разнообразных нестандартных приложений.

- обладает высокой экономичностью за счет большой продолжительности эксплуатации без морального устаревания.

- имеет высокую надежность, обеспечивает простоту перехода к перспективным высокоскоростным протоколам простой заменой активного оборудования без реконструкции кабельной системы.

Проектирование и строительство СКС осуществляется на основе следующих базовых стандартов:

- международный стандарт ISO/IEC 11801: 2002(E) “Информационная технология. Структурированная кабельная система для территории и зданий заказчика”;

- американский стандарт ANSI/TIA/EIA-568A “Стандарт телекоммуникационных кабельных систем коммерческих зданий”;

- европейский стандарт EN 50173 “Информационные технологии. Общие кабельные системы”;

Во всех трех базовых стандартах СКС заложены одни и те же принципы, а их редакции не имеют серьезных отличий друг от друга.

На территории России распространяется действие стандарта ISO/IEC 11801, поскольку Россия входит в состав Международной организации по стандартизации (ISO). Однако, многие российские фирмы, как и дилеры зарубежных компаний, производят установку СКС, основываясь на американский стандарт.

Разработанная и смонтированная в соответствии с требованиями и рекомендациями действующих стандартов СКС, позволяет предприятию эффективно использовать современные информационные технологии.

1. Основные сведения о структурированных кабельных системах.

1.1. История появления и развития СКС.

Структурированная кабельная система является основой информационной инфраструктуры любой организационной структуры (административные корпуса и административно-бытовые комплексы, бизнес

центры, финансовые учреждения и т.д.) и предназначена для организации (автоматизации) рабочих мест ее сотрудников.

В настоящее время на основе структурированных кабельных систем работают локальные вычислительные сети (ЛВС), учрежденческие и офисные АТС, селекторная связь, Интернет, охранно-пожарные сигнализации и системы контроля и управления доступом, кабельное телевидение и радиофикация, громкоговорящая связь, видеонаблюдение, системы управления периметром и другие телекоммуникационные приложения.

В СКС заложены три основных принципа:

- универсальность – способность ее создания в любом типе зданий;
- избыточность – возможность быстрой организации новых рабочих мест из-за создания большего, чем нужно в данный момент количества телефонных розеток;
- структурированность - деление СКС на отдельные подсистемы.

Начало создания структурированных кабельных систем относится к середине 80-х годов XX века, когда компьютерная техника, а вместе с ней и техника локальных вычислительных сетей (ЛВС) начала быстрыми темпами внедряться во все сферы деятельности предприятий и организаций.

Впервые идея создания СКС для слаботочной кабельной разводки здания появилась в 1983 году у специалистов компании AT&T (в настоящее время Lucent Technologies). Но реализовать идею создания универсальной кабельной системы для построения офисных информационных систем удалось только корпорации IBM. В 1984 году специалистами этой компании была разработана кабельная система IBM Cabling System, предназначенная для обеспечения функционирования сетей Token Ring, серверов AS/400, терминалов и других аналогичных устройств. Впервые кабели для СКС были классифицированы на 9 различных типов (табл. 1.1).

Таблица 1.1. Типы кабелей по спецификации IBM

Тип кабеля	Конструкция
Тип 1	2 экранированные витые пары из монолитных проводников (22 AWG, 150 Ом) в общем внешнем экране.
Тип 2	2 экранированные витые пары из монолитных проводников (22 AWG, 150 Ом) в общем внешнем экране.
Тип 3	4 неэкранированные (22 или 24 AWG, до 1 МГц) витые пары из монолитных проводников.
Тип 4	Не специфицирован.
Тип 5	Два многомодовых оптических волокна.
Тип 6	Коммутационный кабель. 2 экранированные витые пары из многожильных проводников (26 AWG) в общем внешнем экране.
Тип 7	Не специфицирован.

Тип 8	Плоский кабель для прокладки под ковровыми покрытиями. Две не перевитые экранированные пары из монолитных проводников(26 AWG).
Тип 9	2 пары из монолитных проводников (26 AWG).

В 1989 году известная американская исследовательская организация Underwriters Laboratories (UL) совместно с фирмой Anixter разработали новую классификацию кабелей на витых парах. В ее основу впервые было введено понятие "уровень" (табл.1. 2)

Таблица 1. 2. Классификация витых пар по уровням

Тип кабеля	Максимальная частота сигнала	Типовые приложения
Уровень 1	Нет требований	Цепи питания и низкоскоростной обмен данными.
Уровень 2	До 1 МГц	Голосовые каналы связи и системы безопасности.
Уровень 3	До 16 МГц	Локальные сети Token Ring и Ethernet 10Base-T.
Уровень 4	До 20 МГц	Локальные сети Token Ring и Ethernet 10Base-T.
Уровень 5	До 100 МГц	Локальные сети со скоростью передачи данных до 100 Мбит/с.

В конце 80-х годов XX века началась разработка стандартов на телекоммуникационные кабельные системы. В 1985 году Ассоциация электронной промышленности США (Electronic Industries Association - EIA) приступила к созданию стандарта для телекоммуникационных кабельных систем зданий. В 1988 году к работе по стандартизации к ней подключилась Ассоциация телекоммуникационной промышленности США (Telecommunications Industry Association - TIA).

В результате деятельности рабочей группы TIA/EIA TR-41.8.1 появился "Стандарт телекоммуникационных кабельных систем коммерческих зданий" TIA/EIA-568. Этот стандарт определял структуру кабельной системы и требования к характеристикам кабелей и разъемов, применяемых для ее построения. В нем допускалось использование кабелей из неэкранированных витых пар с волновым сопротивлением 100 Ом и экранированных витых пар с сопротивлением 150 Ом, а также 50-омных коаксиальных кабелей и многомодовых волоконно-оптических кабелей.

В октябре 1990 года был выпущен документ - TIA/EIA-569 "Стандарт для коммерческих зданий на кабельные пути телекоммуникационных кабелей" (в дальнейшем в феврале 1998 года рабочей группой TIA/EIA TR-41.8.3 был создан стандарт TIA/EIA-569-A).

В ноябре 1991 года рабочая группа TR-41.8.1 выпустила дополнительные спецификации на симметричные электрические кабели из неэкранированных витых пар. В этом документе впервые вводилось понятие категорий кабелей из неэкранированных витых пар. В другом дополнении к стандарту TIA/EIA-568 были определены дополнительные характеристики к разъемам для кабелей из неэкранированных витых пар. Разрешалось использовать разъемы категорией не ниже категории кабелей, на которые они устанавливались. В январе 1994 года появились требования к конструкции и характеристикам коммутационных и кроссовых шнуров.

В октябре 1995 года вышла в свет вторая редакция стандарта TIA/EIA-568 - TIA/EIA-568-A. В этой редакции вводились минимальные требования к функциональным параметрам электрических и волоконно-оптических кабелей и соединителей СКС.

Существенные отличия стандарта TIA/EIA-568-A от предшествующего документа заключались в том, что для построения вновь создаваемых СКС не рекомендовалось применение коаксиального кабеля. Одновременно с этим было разрешено использование одномодовых волоконно-оптических кабелей в магистральных подсистемах.

Параллельно с TIA/EIA работу по созданию стандарта СКС проводили Международная организация по стандартизации (ISO) и Международная электротехническая комиссия (IEC). В 1995 году они выпустили совместный документ - стандарт ISO/IEC 11801 "Информационные технологии. Универсальная кабельная система для зданий и территории Заказчика". Содержание его принципиально не отличается от стандарта TIA/EIA-568-A, отличие связано в основном со структурой документа, с различной терминологией и с глубиной проработки некоторых положений.

Кроме этого стандарт ISO/IEC 11801 допускает применение витых пар с волновым сопротивлением в 120 Ом и многомодовых оптических кабелей с волокнами 50/125. В августе 1995 года европейская организация по стандартизации CENELEC подготовила свой стандарт EN50173 (EN - EuropaNorm). В своей содержательной части указанный стандарт является практически копией международного стандарта ISO/IEC 11801.

Во всех трех стандартах ISO/IEC 11801, TIA/EIA-568-A и EN50173 заложены одни и те же принципы, они достаточно близки друг к другу и подробно нормируют основной комплекс вопросов, связанных с построением СКС. Отдельные отличия непринципиального характера имеются лишь в перечне допустимой для построения СКС элементной базы, предельно допустимых параметрах отдельных компонентов, в терминологии и глубине их освещения

В сентябре 2002 года официально опубликовано второе издание Международного стандарта ISO/IEC 11801 "Информационная технология – Структурированная кабельная система для зданий и территории Заказчика". Он заменил собой первое издание 1995 года. Кратко наименование данного стандарта записывается как "Стандарт ISO/IEC 11801: 2002(E)".

В целом, стандарт ISO/IEC 11801: 2002(E) содержит требования к кабельной системе, которые включают:

- структуру, топологию и минимальную конфигурацию СКС;
- интерфейсы информационных розеток;
- электромагнитные характеристики и параметры отдельных кабельных линий и каналов;
- инсталляцию кабельной системы и варианты ее реализации;
- электромагнитные характеристики компонентов кабельной системы, которые необходимы для достижения максимальных расстояний, определенных стандартом;
- процедуры сертификации и установления соответствия кабельной системы данному стандарту.

Стандарт оптимизирован для зданий и территорий, в которых максимальное расстояние, на которое осуществляется передача сигналов, составляет 2000 метров. В то же время, принципы этого стандарта могут быть применены и при больших расстояниях.

В России первые СКС появились в 1992 году. Прошедший с этого момента период характеризовался как значительным увеличением числа типов СКС различных производителей, так и быстрым ростом объемов передаваемой по ней информации.

В середине 2000 года начались работы по созданию национального стандарта по телекоммуникационным кабельным системам. В январе 2010 г. вступили в действие два российских стандарта: ГОСТ Р 53245-2008 «Информационные технологии. Системы кабельные структурированные. Монтаж основных узлов системы. Методы испытания» и ГОСТ Р 53246-2008 «Информационные технологии. Системы кабельные структурированные. Проектирование основных узлов системы. Общие требования».

1.2. Базовые сведения о СКС.

1.2.1. Архитектура и структура.

Архитектура кабельной системы зависит от назначения объектов, на которых планируется монтаж СКС.

Существуют два основных варианта архитектур СКС:

- традиционная архитектура иерархической звезды или распределенная;
- архитектура одноточечного управления или централизованная.

Традиционная архитектура иерархической звезды (распределенная) - это архитектура СКС с двумя уровнями иерархии, состоящей из трех подсистем: магистральной 1-ого уровня, магистральной 2-ого уровня и горизонтальной подсистемы или с одним уровнем иерархии с кросс-соединением между

главным распределительным пунктом (ГРП) и распределительным пунктом этажа(РПЭ).

В первом случае иерархическая звезда состоит из главного распределительного пункта системы, главных распределительных пунктов зданий(РПЗ)и распределительных пунктов этажей. ГРП соединяется с РПЗ (распределительным пунктом здания) при помощи внешних кабелей.В свою очередь,РПЗ связан с РПЭкабелями вертикального ствола(рис.1.1).

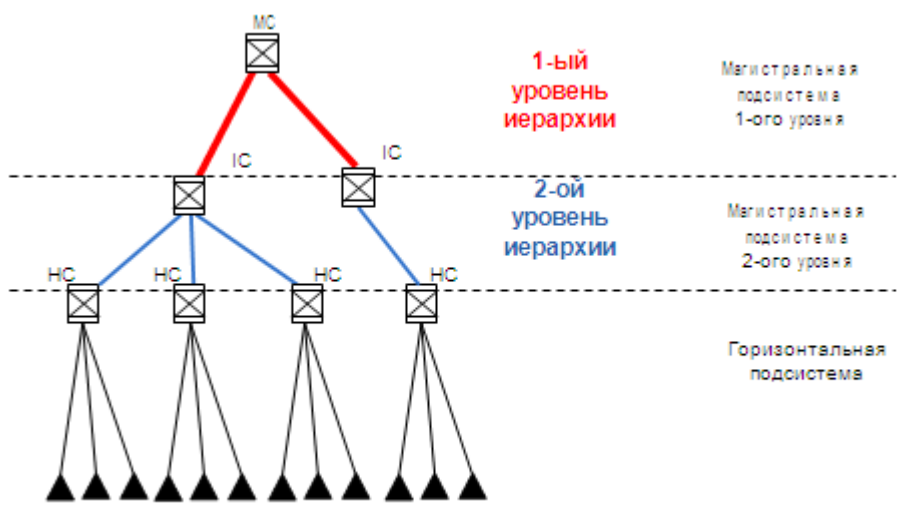


Рис.1.1. СКС с двумя уровнями иерархии.

Архитектура одноканального управления (централизованная) - это архитектура СКС или с одним уровнем иерархии или архитектура СКС, или вообще не имеющей уровней иерархии и состоящей только из горизонтальной подсистемы. Она состоит из главного распределительного пункта здания и горизонтальных распределительных пунктов этажей, соединенных между собой кабелями вертикального ствола (рис.1.2).

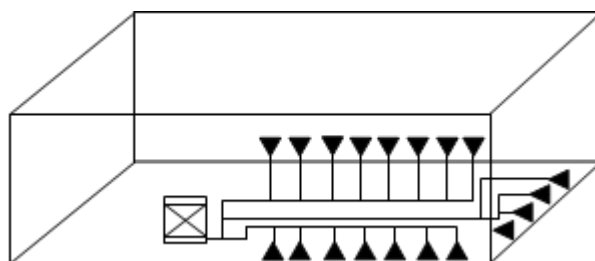


Рис.1.2. Централизованная архитектура СКС с одним РПЭ обслуживающим этаж.

Такая архитектура подходит для частных домов, коттеджей, маленьких офисных зданий на одного-двух арендаторов и т.д.

Каждая архитектура имеет свои недостатки и преимущества (см. табл. 1.4), которые следует иметь в виду при выборе кабельной системы.

Таблица 1.4. Преимущества вариантов архитектуры СКС

Преимущества вариантов архитектуры	распределенная	централизованная
Наиболее гибкое управление	X	
Наибольшая способность к адаптации	X	
Централизованное управление		X
Распределенное оборудование	X	
Централизованное оборудование		X
Наиболее гибкое использование активного оборудования	X	
Простота технического обслуживания		X
Полное соответствие стандартам	X	X - при длине до 100 м

В общем виде обобщенная кабельная система включает в себя следующие функциональные компоненты:

- главный распределительный пункт (ГРП);
- магистральный кабель территории;
- распределительный пункт здания (РПЗ);
- магистральный кабель здания;
- распределительный пункт этажа (РПЭ);
- горизонтальный кабель;
- точка перехода (ТП);
- телекоммуникационный разъем (ТР).

Перечисленные функциональные компоненты интегрируются в кабельные подсистемы по единым правилам и эксплуатируются согласно определенным правилам.

В основе любой структурированной кабельной системы используется древовидная топология, которую иногда называют также структурой иерархической звезды. Ее топологическая схема представлена на рис.1.3.

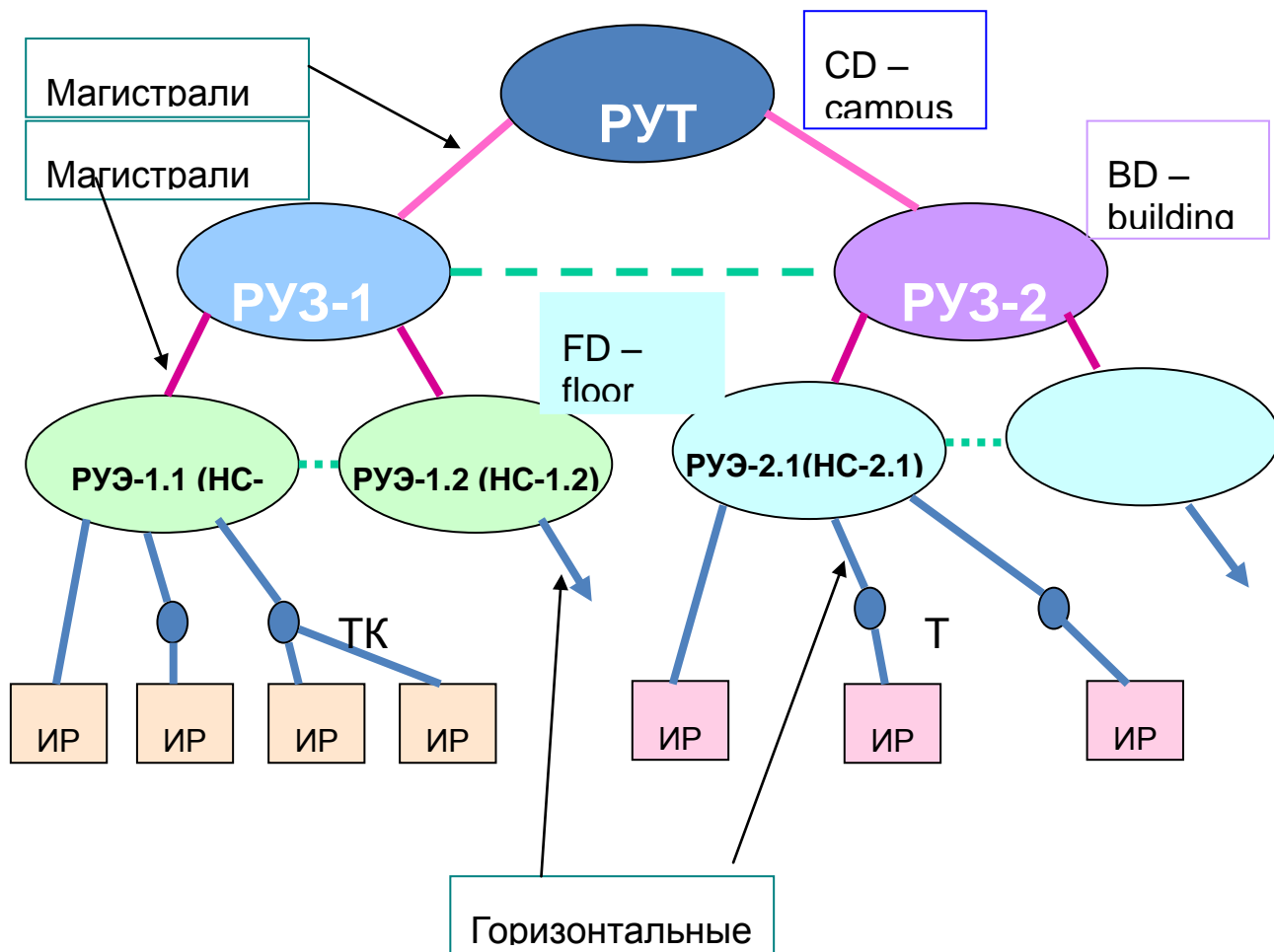


Рис.1.3.Топологическая схема СКС.

РУТ - распределительное устройство территории; РУЗ – распределительное устройство здания; РУЭ - распределительное устройство этажа; ТК – точка консолидации; ИР - информационная розетка; МС – главный кросс (maincross); ИС – промежуточный кросс; НС – горизонтальный кросс.

Коммутационное оборудование размещается в технических помещениях, которые соединяются между собой электрическими или волоконно-оптическими кабелями различных видов.

Обязательной частью СКС и информационной системы в целом являются технические помещения. Используются технические помещения двух видов:

- комната оборудования. Это - комната, в которой помимо группового коммутационного оборудования еще находится активное оборудование инженерных систем, подключенных к СКС (серверы и маршрутизаторы ЛВС, телефонные станции и т. п.). В отечественной литературе такое помещение часто называют “аппаратная “. Аппаратная представляет собой центральное техническое помещение не только СКС, но и всей информационно

вычислительной системы предприятия. Оборудуется аппаратная развитой системой инженерного обеспечения, в т.ч. пожарной и охранной сигнализации, системой пожаротушения и т.д.

- телекоммуникационная комната. Это комната, в которой размещается пассивное коммутационное и соединительное оборудование распределительных устройств, сетевое и другое вспомогательное оборудование. В отечественной литературе такое помещение часто называют “кроссовая”.

Распределительные устройства всех рангов (РУТ, РУЗ, РУЭ), обеспечивают возможность перестраивать кабельную систему для различных топологий активных инженерных систем. Во всей СКС присутствует только одно распределительное устройство территории (РУТ), а в каждом здании находится не более одного распределительного устройства здания (РУЗ). Допускается объединение РУТ с РУЗ, если они расположены в одном здании. Аналогично РУЗ может быть совмещено с РУЭ, если они расположены на одном этаже. Если плотность рабочих мест на этаже или его части мала, то их в качестве исключения допускается подключать к РУЭ смежных этажей. Пример структуры СКС с привязкой к зданиям приведен на рис.1.4.

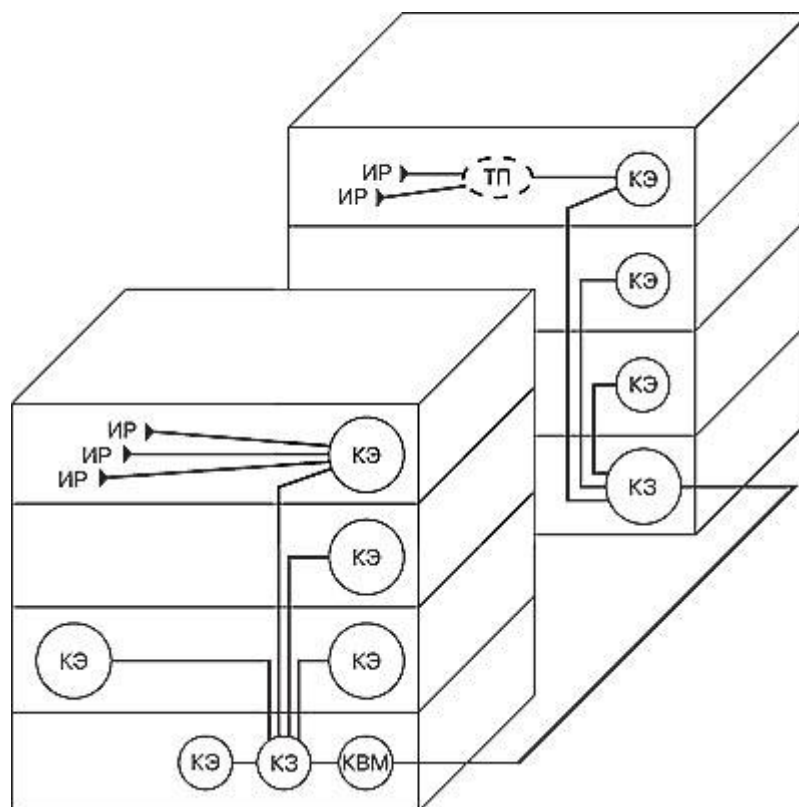


Рис.1.4. Пример структуры СКС с привязкой к зданиям.

1.2.2. Подсистемы СКС и их реализация.

На рис.1.5 представлена структурная схема СКС. В общем случае СКС включает три подсистемы:

- первичная подсистема или магистральная подсистема территории (МПТ);
- вторичная подсистема или магистральная подсистема здания (МПЗ);
- третичная подсистема или горизонтальная подсистема (ГП).

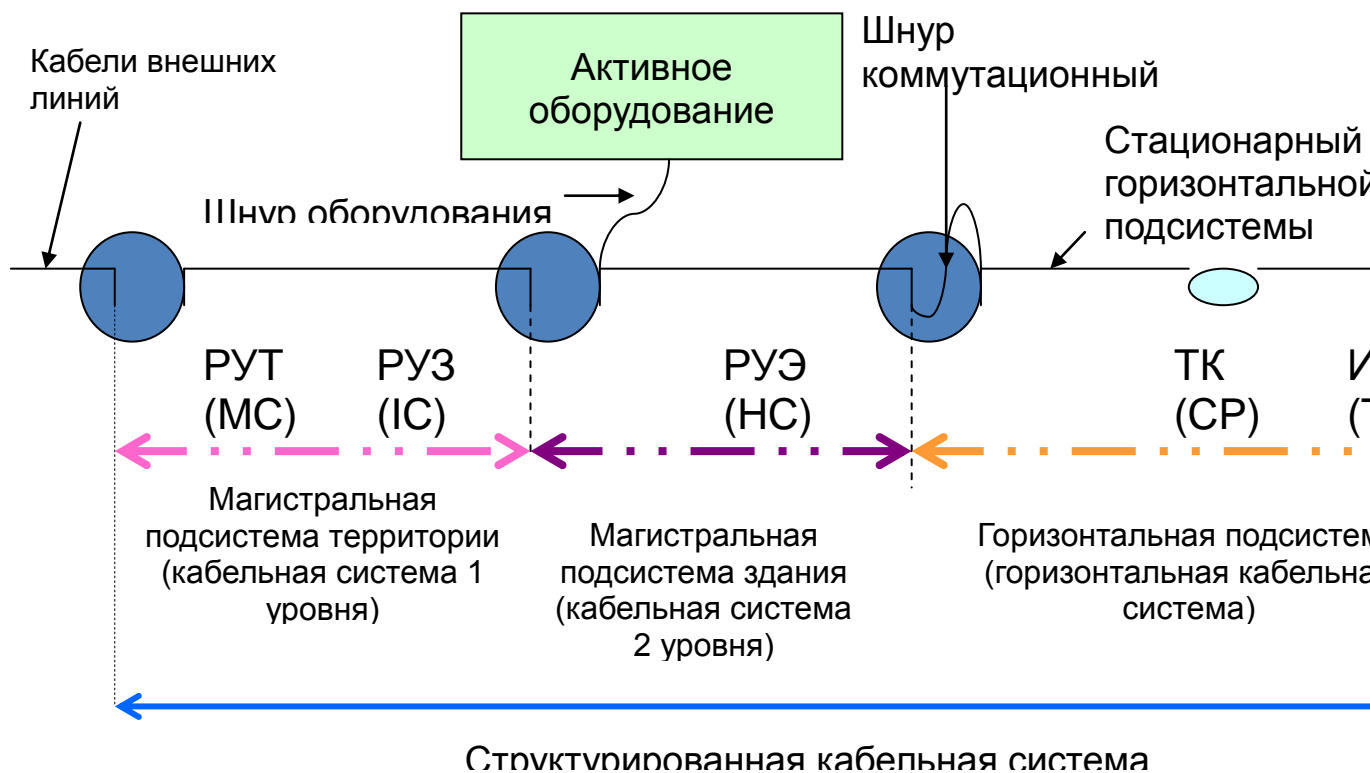


Рис.1.5. Структурная схема СКС.

Магистральная подсистема территории (МПТ) является основой для построения сети связи между расположенными на одной территории зданиями. Магистральная подсистема территории соединяет в единую сеть связи отдельно расположенные на одной территории здания. МПТ состоит из: 1) внешних магистральных кабелей между главным распределительным пунктом (ГРП) и распределительным пунктом здания (РПЗ); и 2) коммутационного оборудования в ГРП и РПЗ, к которому подключаются внешние магистральные кабели, и коммутационных шнуров и/или перемычек в ГРП.

Кабели подсистемы внешних магистралей связывают между собой отдельные здания, которые находятся на общей территории. Подсистема внешних магистралей реализуется в основном на оптическом кабеле.

В середине 90-х годов для прокладки в основном оптических кабелей, широкое распространение получила технология на основе защитных полиэтиленовых труб (ЗПТ). Использование данной технологии дает следующие преимущества:

- возможность применения кабелей с облегченными защитными покрытиями и меньшим внешним диаметром;
- увеличение продолжительности строительного сезона;
- исключение повреждения оптического кабеля при прокладке;
- увеличение скорости строительства.

Непосредственная прокладка кабеля в грунте при создании СКС используется на практике довольно редко и применяется в основном там, где сооружение кабельной канализации по тем или иным причинам является невозможным или нецелесообразным. Основными недостатками метода прокладки кабелей в грунте является необходимость использования конструкций кабелей с усиленными защитными покрытиями, а также сложность организации ремонта и эксплуатационного обслуживания.

Ввод в здание кабелей подсистемы внешних магистралей осуществляется двумя способами: подземный и воздушный. Подземный ввод кабеля производится главным образом в подвал. Воздушный ввод в здание кабеля выполняется в зависимости от выбранного принципа реализации линии связи по столбовой или стоечной схемам.

Магистральная подсистема здания (МПЗ) - это подсистема внутренних магистралей. Магистральная подсистема здания включает проложенные между РУЗ и РУЭ магистральные кабели здания, коммутационные шнуры и переключатели в РУЗ, а также соединительное оборудование (коммутационные панели), на котором терминируются кабели МПЗ как РУЗ, так и в РУЭ. В РУЗ заводятся магистральные кабели здания, подключающие к ним РУЭ.

Кабели соединяют между собой отдельные этажи здания и/или пространственно разнесенные помещения в пределах одного здания. Если СКС обслуживает один этаж, то МПЗ может отсутствовать. Магистральные кабели подсистемы внутренних магистралей могут прокладываться вертикально и горизонтально. Для прохода вертикальных участков применяются стояки или шахты различных видов.

Информационные сигналы высокоскоростных приложений передаются, в основном, по волоконно-оптическому кабелю, а низкоскоростных – по симметричному электрическому кабелю.

Категория симметричного кабеля определяется в зависимости от максимальной частоты передаваемого сигнала использующей его аппаратуры.

В подсистеме внешних магистралей, длина которых превышает 500м, преимущественно используется одномодовый кабель.

Горизонтальная подсистема создается с помощью горизонтальных кабелей между распределительными пунктами этажа (РПЭ) и розеточными модулями информационных розеток рабочих мест. В состав горизонтальной

подсистемы входит также большая часть коммутационных шнуров и/или перемычек в РПЭ.

Экранированные конструкции кабелей применяются в случаях:

- выдвижения особых требований по обеспечению конфиденциальности передаваемой информации;
- при работе в сложной помеховой обстановке хотя бы на части кабельной трассы.

Стационарный горизонтальный кабель с одной стороны подключается к панели в РУЭ, а с другой –к модулю ИР или МУТО (многопользовательская розетка). Кабель не должен иметь соединений от РУЭ до ИР (при отсутствии точки консолидации), т. е. сращивание электрического кабеля любым способом запрещается. В случае использования в ГП оптического кабеля, сращивание ОВ допускается.

Большую часть трассы горизонтальной подсистемы кабеля прокладываются горизонтально, в отдельных случаях могут встречаться и вертикальные участки.

При определении структуры СКС в качестве исходных данных применяются следующие правила:

- выбор структуры во многом зависит от архитектурных особенностей области установки СКС;
- при проектировании СКС в здании с 4 этажами и более используется иерархическая структура с выделенной подсистемой внутренних магистралей;
- при проектировании СКС в нескольких зданиях используется иерархическая структура с выделенной подсистемой внешних магистралей;
- диаметр рабочей области (расстояние между наиболее удаленными розетками), обслуживаемой одной КЭ, не рекомендуется увеличивать свыше 70м;
- целесообразно, чтобы одна КЭ обслуживала не более одного смежного с ней этажа (верхнего и нижнего).

Для построения линейной части отдельных подсистем применяются следующие типы линейных кабелей:

- для горизонтальной подсистемы – симметричный горизонтальный кабель категории 5е или 6;
- для подсистемы внутренних магистралей: многомодовый оптический кабель -для передачи сигналов ЛВС и многопарный симметричный кабель - для передачи сигналов телефонии;
- для подсистемы внешних магистралей - одномодовый оптический кабель.

Для соединения подсистем СКС между собой и подключения к ней активного оборудования в СКС используются два способа: соединение с помощью шнура или кросс-коннект (cross-connect) (рис.1.6) и непосредственное соединение или интер-коннект (inter-connect) (рис.1.7).

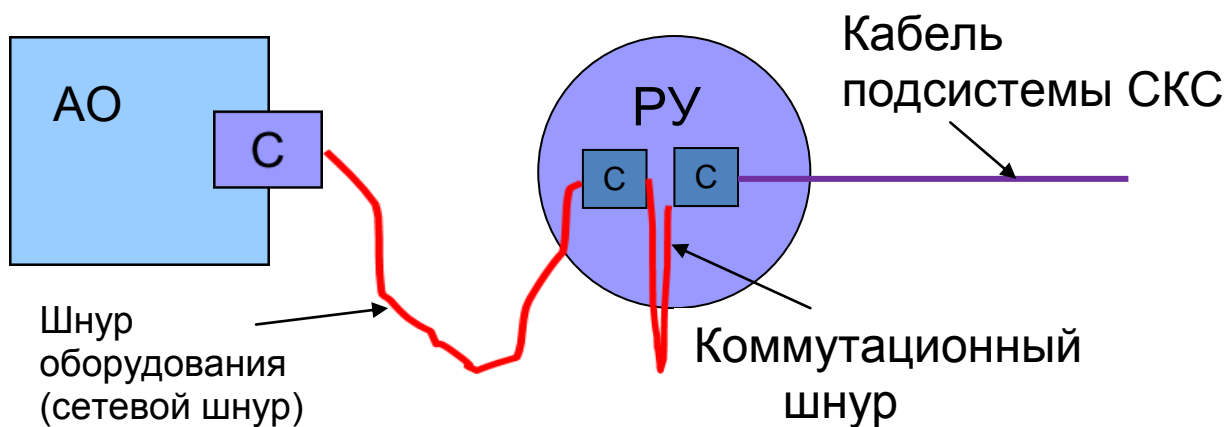


Рис.1.6. Коммутация методом кросс-коннекта.

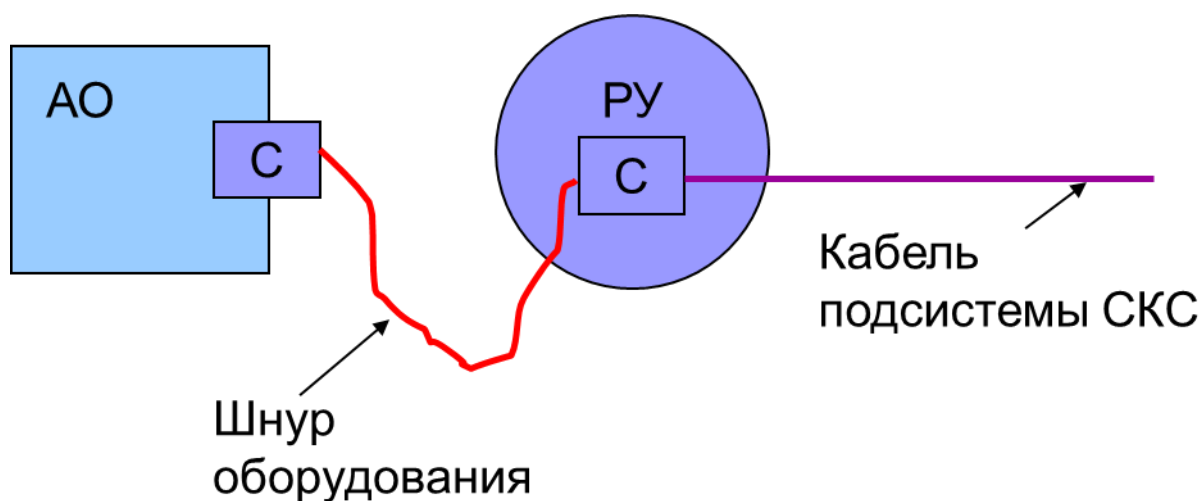


Рис.1.7. Коммутация методом интер-коннекта.

Каждый вид соединения имеет свои достоинства и недостатки. Коммутация подсистем методом интер-коннекта предполагает подключение коммутационного шнура к панели и активному сетевому оборудованию без промежуточной панели отображения. Это самый простой и наиболее распространённый вариант построения СКС. Интер-коннект позволяет иметь минимальное число соединителей и минимальную длину шнуров, но затрудняет переконфигурирование СКС.

Коммутация подсистем методом кросс-коннекта предполагает подключение коммутационного шнура только к панелям. И таким образом, для подключения сетевого оборудования в техническом помещении используются две панели и два соединительных шнура: сетевой и коммутационный. Кросс-коннект удобен при реконструкции СКС, но

дополнительные длина шнуров и число соединителей ухудшают передаточные характеристики линий связи.

При указанных способах соединения подсистем СКС между собой и подключения к ней активного оборудования в зависимости от места подключения различают три типа соединительных кабелей: абонентские, сетевые и коммутационные.

Абонентские кабели используют в рабочей области, сетевые кабели служат для подключения оборудования в распределительных пунктах. Абонентские и сетевые кабели обеспечивают создание канала, но не входят в состав СКС. Коммутационные кабели служат для соединений между панелями и входят в состав СКС.

Общая длина абонентских, коммутационных и сетевых кабелей, образующих канал, обычно ограничивается 10 метрами из-за большого затухания по сравнению с обычным стационарным кабелем.

1.2.3. Понятия “ канал” и “ стационарная линия” и их характеристики.

Передаточные характеристики трактов, создаваемых с помощью СКС для передачи сигналов различных инженерных систем характеризуются понятиями: канал и стационарная линия (рис.1.8).

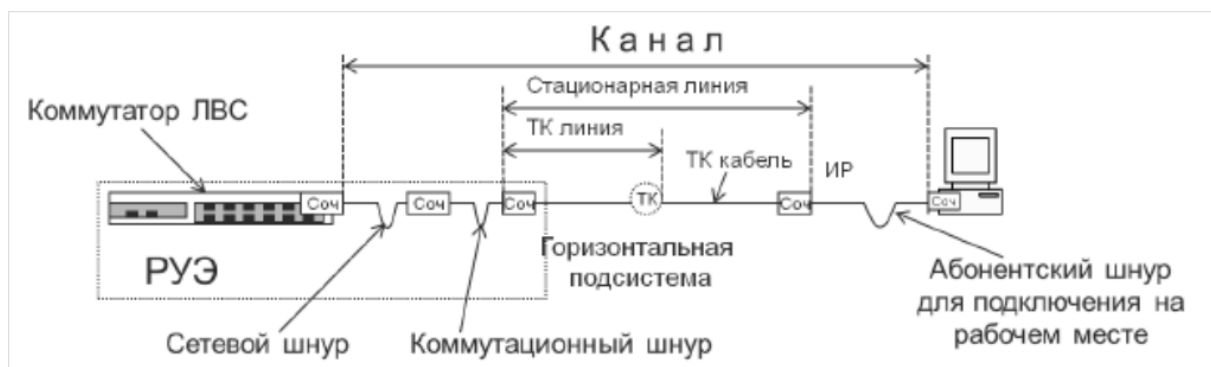


Рис.1.8. Канал и стационарная линия тракта передачи.

Под каналом или трактом понимается полный путь передачи сигналов по СКС от одного активного блока аппаратуры до другого, т. е. от вилки, вставляемой в гнездо одного блока, до вилки, вставляемой в гнездо другого блока. Сами вилки в состав канале не входят.

Под стационарной линией (СЛ) понимается часть тракта передачи сигналов между коммутационным оборудованием. СЛ включает в себя стационарный кабель любой подсистемы СКС с установленными на обоих его концах коммутационными устройствами (панелями и информационными розетками). Стационарная линия может быть реализована как на симметричном, так и на волоконно-оптическом кабеле.

Создание канала методом подключения (рис.1.9.) предусматривает наличие линии, соединяющей телекоммуникационный разъем и

распределительную панель, и двух гибких кабелей — абонентского и сетевого. Это самый простой и наиболее распространенный вариант построения СКС.

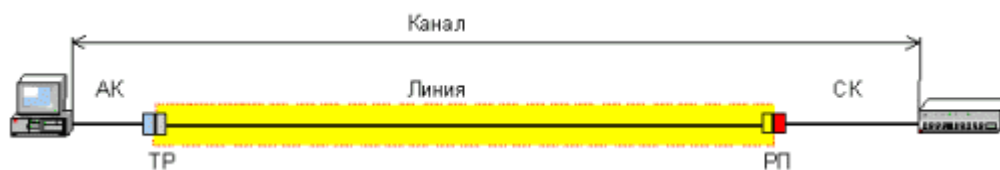


Рис. 1.9. Создание канала методом подключения.

АК — абонентский кабель, СК — сетевой кабель, ТР — телекоммуникационный разъем, РП — распределительная панель

Коммутация (рис. 1. 10.) подразумевает вариант подключения с помощью промежуточной панели. Таким образом, для подключения сетевого оборудования используются две панели и два соединительных кабеля - сетевой и коммутационный. Методом коммутации подключают чаще всего телефонные линии.

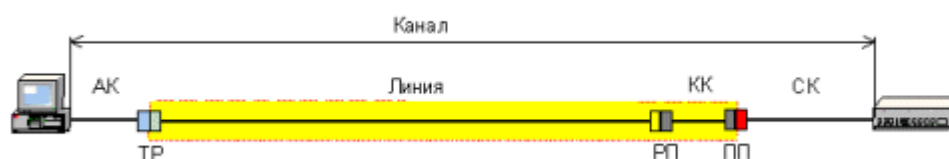


Рис. 1.10.Создание канала методом коммутации.

АК — абонентский кабель, КК — коммутационный кабель, СК — сетевой кабель, ТР — телекоммуникационный разъем, РП — распределительная панель, ПП — промежуточная панель.

Как видно из рис. 1.9 и 1.10 , канал, образованный методом подключения, имеет два разъема, а канал, образованный методом коммутации -три разъема. Всего же в канале допускается не более четырех разъемных соединений. При этом четвертый разъем -точка перехода -считается дополнительным и устанавливается, если имеется резерв параметров канала.

На рис.1.11 приведена конфигурация стационарной линии и канала в горизонтальной подсистеме СКС. На этом же рисунке также указана конфигурация “ линия“, которая использовалась в стандарте ISO/ IEC11801 до 1999 года.

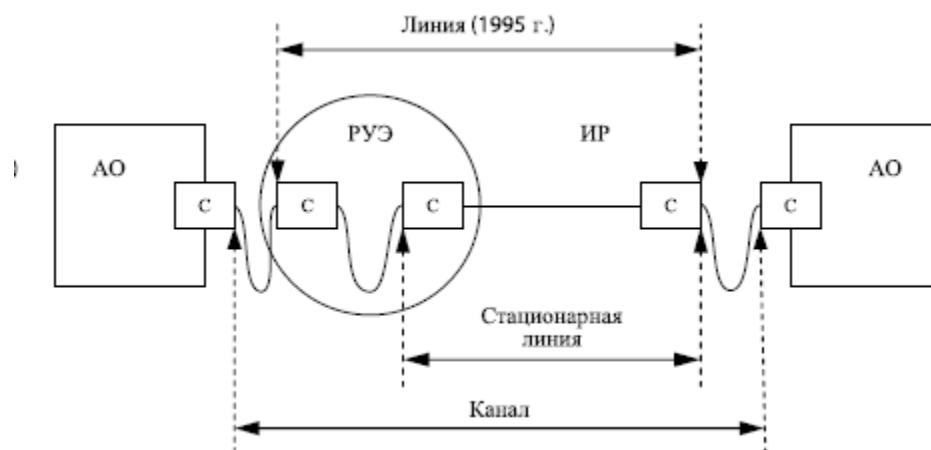


Рис.1.11. Конфигурации “стационарная линия” и “канал” в горизонтальной подсистеме.

Также в состав горизонтального тракта может входить точка консолидации.

Максимальные длины компонентов горизонтального тракта составляют:

- физическая длина тракта: не более 100 м;
- физическая длина стационарного горизонтального кабеля: не более 90 м;
- длина кабеля от ТК до ИР: не более 20 м;
- суммарная длина коммутационных шнуров в распределительном узле: не более 5 м.

Особенностью модели стационарной линии горизонтальной подсистемы является то, что максимальная длина горизонтального симметричного кабеля не зависит от типа витой пары (экранированная или неэкранированная) и не должна превышать 90 м в независимости от категории применяемой элементной базы и наличия или отсутствия точки консолидации. При реализации горизонтального тракта на оптической элементной базе все указанные выше ограничения остаются в силе.

Конфигурация магистрального тракта на основе симметричного кабеля представлена на рис.1.12.



Рис.1.12. Конфигурация магистрального тракта на основе симметричного кабеля.

Магистральный тракт может реализовываться по неоднородной схеме. В этом случае оптический и симметричный сегменты такого тракта связываются друг с другом преобразователем среды.

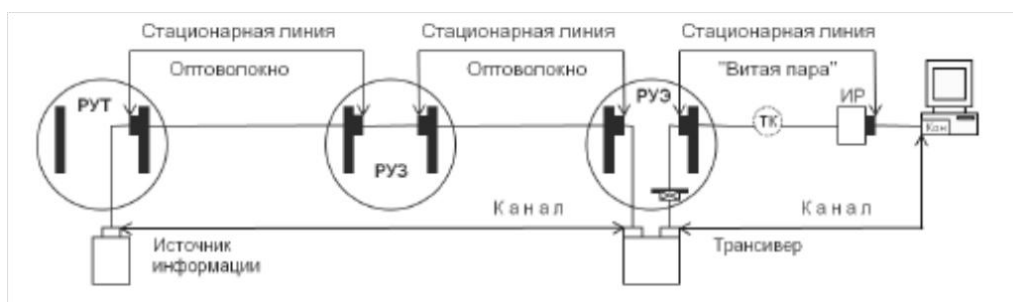


Рис.1.13.Совокупность стационарных линий СКС.

1.2.4. Категории компонентов и классы аппаратуры, линий и каналов.

Для оценки качественных параметров линий и трактов при их формировании вводятся понятия категорий и классов. Понятия класса и категории тесно связаны между собой, но не тождественны. Деление каналов и стационарных линий по классам и категориям выполняется в зависимости от предельной верхней частоты или полосы пропускания кабельной линии.

Виды приложений (оборудования), которые могут обмениваться данными по тракту передачи СКС, определены стандартом, где каждому приложению ставится в соответствие свой максимально допустимый класс тракта. Так, в стандарте ISO/ IEC 11801:2002(E) предусмотрено 6 классов приложений: А, В, С, Д, Е, F. Класс А считается низшим классом, а класс F – высшим.

Для кабельных линий на основе витой пары в ISO/ IEC 11801 определены следующие классы в порядке их возрастания. Каждый класс кабельных линий характеризуется шириной полосы пропускаемых частот:

- Класс А (Категория 1) – до 100 кГц
- Класс В (Категория 2) – до 1 МГц
- Класс С (Категория 3) – до 16 МГц
- Класс D (Категория 5e) – до 100 МГц
- Класс Е (Категория 6) – до 250 МГц
- Класс EA (Категория 6A) – до 500 МГц
- Класс F (Категория 7) более 500 МГц.

Класс кабельной линии определяется по наименьшей категории пассивного элемента, входящего в состав кабельной линии (табл. 1.5).

Таблица 1.5.

Класскабельной линии в зависимости от наименьшей категории пассивного элемента

Класс кабельной линии	Наименьшая категория пассивного элемента
Класс А	Не определена
Класс В	Не определена
Класс С	Категория 3
Класс D	Категория 5
Класс E	Категория 6
Класс F	Категория 7

Создание кабельных линий, соответствующих заданному классу, возможно при обязательном соблюдении следующих условий:

- все пассивные компоненты отвечают определенной категории или превышают ее;
- соблюдены требования по максимально допустимой длине кабельной линии;
- количество соединений не превышает максимально допустимое число для выбранной модели кабельной линии и типа кабеля;
- монтаж кабельной линии произведен согласно требованиям стандартов.

Для кабельных линий высшего класса «F» введены следующие ограничения:

- кабельные линии могут быть созданы только на кабелях с экранированной витой парой;
- в канале и в стационарной линии должно быть только два соединения.

В табл. 1.6. приведен список приложений, использующих кабель «витая пара», и необходимые для этих приложений классы каналов и линий в СКС.

Таблица 1.6.Список приложений, использующих симметричные кабели

Класс приложения и частота, МГц	Приложение	Альтернативное наименование приложения
Класс А до 0,1 МГц	PBX (ATC)	.....
	V.11	.....
	X.21	.....
	SO-Bus (extended)	ISDN Basic Access
Класс В до 1 МГц	SO Point-to-Point	ISDN Basic Access
	S1/S2	ISDN Primary Access
	CSMA/CD 10Base-5	Starlan

Класс С до 16 МГц	CSMA/CD 10Base-T CSMA/CD 100Base-T4 CSMA/CD 100Base-T2 Token Ring 4 Mbit/s ISLAN Demand priority ATM LAN 25,60 Mbit/s ATM LAN 51,84 Mbit/s ATM LAN 155,52 Mbit/s	..... Fast Ethernet Fast Ethernet Integrated Services LAN VGAAnyLAN™ ATM-25/Category 3 ATM-52/Category 3 ATM-155/Category 3
Класс D до 100 МГц	CSMA/CD 100Base-TX CSMA/CD 1000Base-T Token Ring 16 Mbit/s Token Ring 100 Mbit/s TP-PMD ATM LAN 155,52 Mbit/s	Fast Ethernet Gigabit Ethernet ATM-155/Category 5
Класс E до 250 МГц	ATMLAN 1,2 Gbit/s	ATM-1200/Category 6

В стандарте в ISO/ IEC 11801:2002(E) каналы и линии горизонтальной подсистемы СКС должны обеспечивать электрические параметры не ниже класса D. Это вызвано растущей скоростью передачи и увеличением количества приложений.

Пассивные компоненты, из которых создаются СКС (кабели, телекоммуникационные разъемы, кроссовые и коммутационные панели, коннекторы, вилки и т.п.) классифицируются по категориям.

Категория – это деление пассивных элементов на группы в зависимости от предельной ширины полосы пропускаемых ими частот, на которых обеспечивается устойчивая и стабильная работа пассивного элемента с определенными техническими параметрами в составе кабельной линии. Чем выше категория кабельной линии, тем лучше передаточные характеристики

кабельной линии и выше предельная частота использования кабельной линии.

Понятие «категория» для пассивных элементов используется как в международном стандарте ISO 11801, так и в американском стандарте TIA/EIA-568B. В стандарте TIA/EIA-568B определены следующие категории для пассивных компонентов в порядке их возрастания: категория 3, категория 5е, категория 6, категория 6А. В международном стандарте ISO 11801 добавлены еще две категории: категория 7 и категория 7А, а компоненты категорий 3 и 4 уже не рассматриваются, т. к. они не позволяют создавать каналы и линии классов D, E, F.

Категории кабелей и разъемов характеризуются максимальной частотой сигнала и областью применения (табл. 1.7).

Таблица 1.7. Категории кабелей и разъемов.

Категория кабеля и разъема	Максимальная частота сигнала, МГц	Область применения
Категория 3	до 16	ЛВС, низкочастотные телефонные Каналы и другие низкочастотные приложения
Категория 4	до 20	ЛВС
Категория 5,5е	до 100	ЛВС, со скоростью передачи до 100 Мбит/с
Категория 6	до 250	ЛВС, со скоростью передачи до 155 Мбит/с
Категория 7	до 600	ЛВС, со скоростью передачи до 1000 Мбит/с

В настоящее время для строительства СКС широко применяется оборудование (приложение) классов Си D. Для указанных классов оборудования применяются кабели и разъемы категорий 3,5 и 5е соответственно. Проводятся работы по стандартизации двух новых классов приложений E и F, а также компонентов СКС для категорий 6 и 7.

Приложения класса E и компоненты СКС категории 6 имеют нормируемые характеристики до частоты 250 МГц. Выбор такого частотного диапазона обусловлен требованием обеспечения возможности функционирования двухпарных вариантов интерфейсов Gigabit Ethernet.

Приложения класса F и компоненты категории 7 рассчитываются на частоты до 600 МГц. Выбор такого значения обусловлен широким распространением аппаратуры со скоростью передачи 622 Мбит/с, а также

необходимостью передачи сигналов многоканального аналогового телевидения с верхней частотой 550 МГц.

Для построения трактов и линий передачи сигналов категории 6 используются кабели всех типов как экранированные, так и неэкранированные. Линии категории 7 реализуются только на кабелях с общим экраном.

Предельно допустимые характеристики каналов выведены с учетом характеристик составляющих его компонентов в предположении, что канал состоит из 90 метров кабеля, 10 метров шнуров и 4-х соединений. Предельно допустимые характеристики стационарной линии выведены в предположении, что она состоит из 90 метров кабеля и 3-х соединений (т.е. она содержит точку консолидации).

1.2.5. Ограничения на длины кабелей и шнуров СКС.

Стандартами ISO/IEC устанавливаются ограничения на максимальные длины кабелей и соединительных шнуров горизонтальной и магистральных подсистем. Максимально допустимые длины кабелей указаны на рис.1.14 и приведены в табл.1.8 . Максимальные длины электрических кабельных линий из витых пар для передачи сигнала указанного класса приведены для случая построения этих линий из симметричного кабеля и других компонентов с категорией ниже указанной.

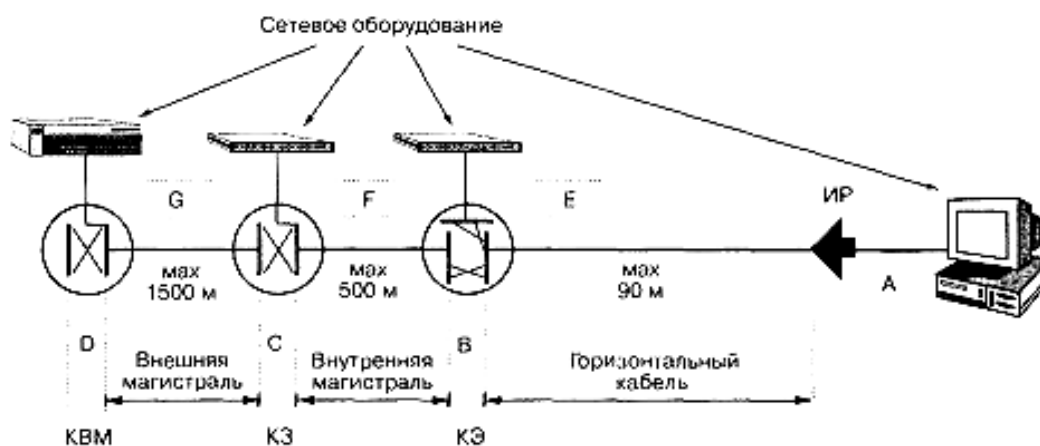


Рис. 1. 14. Максимально допустимые длины кабелей.

Таблица 1.8. Максимальные длины кабельных трактов в зависимости от типа кабеля и класса приложения

Класс приложений	А	В	С	Д	Оптика
Симметричный кабель категории 3	2 км	200 м	100 м		
Симметричный	3 км	260 м	150 м		

кабель категории 4					
Симметричный кабель категории 5	3 км	260 м	160 м	100 м	
Симметричный Кабель 150 Ом	3 км	400 м	250 м	150 м	
Многомодовый оптический кабель	-	-	-		2 км
Одномодовый оптический кабель	-	-	-		3 км

Примечание: - под длиной 100 м. понимается суммарная длина горизонтального кабеля до 90 м и шнур всех разновидностей. -ограничение, формально наложенное стандартом, составляет 3 км и не является физическим ограничением для одномодовых волоконных световодов.

Максимально возможная длина горизонтальной подсистемы составляет 90 м. Эта длина установлена исходя из возможностей витой пары по передаче сигналов наиболее массовых высокоскоростных приложений типа FastEthernet. Определенную роль при выборе этого значения максимальной длины сыграли архитектурные особенности типовых офисных зданий. При реализации горизонтальной проводки на волоконно-оптическом кабеле длина кабельного тракта также ограничивается величиной 90 м.

Главной задачей подсистемы внутренних магистралей является объединение в единое целое технических помещений, расположенных на разных этажах здания. Из-за ориентации кабелей внутренних магистралей данную подсистему иногда называют вертикальной. Исходя из этого максимальная длина кабельной магистрали, установленная стандартом, составляет 500 м.

Максимальная длина подсистемы внешних магистралей согласно стандарту ISO/IEC 11801 составляет 1500 метров. Отсюда следует, что максимальная длина магистральных кабелей между кроссовыми этажа и кроссовыми внешних магистралей не может превышать 2000 метров (500 м кабеля внутренней и 1500 м кабеля внешней магистрали) при условии применения коммутационных и оконечных шнуров стандартной длины. Общая длина магистральных трактов для многомодовых и одномодовых оптических кабелей независимо от стандарта составляет соответственно 2 и 3 км.

Длины коммутационных и оконечных шнуров зависят от нескольких факторов: схемы подключения сетевого оборудования, типа среды передачи сигналов и подсистемы СКС, к которой относится данный конкретный шнур или их совокупность. Согласно стандарту ISO/IEC 11801 максимальная суммарная длина кабельных шнуров применяемых при организации трактов горизонтальной подсистемы составляет:

- 9м в случае схемы коммутационного подключения для электрического кабеля;
- 10м в случае схемы коммутационного соединения для электрического кабеля;
- 10м при любой схеме подключения в волоконно-оптическом варианте.

Максимальная длина коммутационного шнура, согласно стандарту ISO/IEC 11801, используемого в кроссовых магистральных подсистемах (КЗ и KBM) составляет 20м. Длина оконечных шнуров, предназначенных для подключения сетевого оборудования в этих технических помещениях, не должна превышать 30м. Тип кабеля не влияет на величину максимальной длины шнуров в магистральных подсистемах, она является одинаковой как для электрического, так и для волоконно-оптического кабеля.

На уровне оптической подсистемы различают категорию многомодовых волоконных световодов от OM1 до OM4 и одномодовых от OS1 и до OS2 и классы трактов OF-300, OF-500 и OF-2000, где цифровой индекс соответствует максимальной длине тракта в метрах.

Параметры многомодовых световодов категорий OM3 и OM4 отдельно нормируются для лазерных и светодиодных источников света и указываются для разных практически используемых длин волн.

2. Основные составные части и компоненты СКС на основе “витой пары”.

2.1. Основные компоненты СКС на основе” витой пары”.

Основным назначением структурированных кабельных систем (СКС) является объединение компьютерных, телефонных, телевизионных сетей, систем охранной и пожарной сигнализации, контроля и разграничения доступа и прочих систем безопасности, расположенных в одном или нескольких зданиях, в единое информационное пространство. Компоненты, необходимые для реализации СКС, включают пассивное коммутационное оборудование и компоненты среды передачи сигналов. Основным коммутационным элементом СКС является главный коммутационный узел системы. Он представляет собой один или несколько коммутационных шкафов с установленными коммутационными панелями, включающими порты для подключения информационных кабелей различного типа и назначения.

На рис.2.1, в качестве примера, показан внешний вид главного коммутационного узла здания СКС на 350 рабочих мест.



Рис. 2.1. Главный коммутационный узел здания смонтированной СКС на 350 рабочих мест

СКС многоэтажного здания обычно на каждом этаже имеет *коммутационные узлы*, между которыми прокладываются вертикальные кабельные магистрали, а горизонтальная разводка соединяет коммутационный узел этажа с рабочими местами, располагающимися на этом уровне.

Все коммутационные узлы этажей в свою очередь специальными магистралями соединены с общим коммутационным центром здания, Сюда же подводятся внешние кабельные магистрали для подключения здания к глобальным информационным ресурсам, таким как телефония, интернет и т.п.

Другим важным компонентом СКС, являются *точки входа*. Они представляют собой разъемы для подключения различных устройств (компьютеров, телефонных аппаратов, датчиков и терминалов систем безопасности, серверов, коммутаторов и преобразователей сигналов) к кабельным каналам передачи. Основными требованиями, которым должны соответствовать данные компоненты СКС это универсальность, надежность, простота доступа.

Третий компонент СКС – *среда передачи данных*, представляет собой совокупность кабелей для передачи информации. Учитывая, что по кабельным каналам возможна передача такой разнородной информации, как данные ЛВС, аудио и видеосигналов, сигналов различного типа датчиков, основной характеристикой, которую должны реализовывать эти компоненты СКС, является достаточная пропускная способность.

Составные части СКС здания(см. рис.2.2)включают:

- рабочее место, рабочая зона;
- горизонтальная кабельная проводка;
- коммутационный узел этажа;

- вертикальная кабельная проводка;
- служебные технические средства.

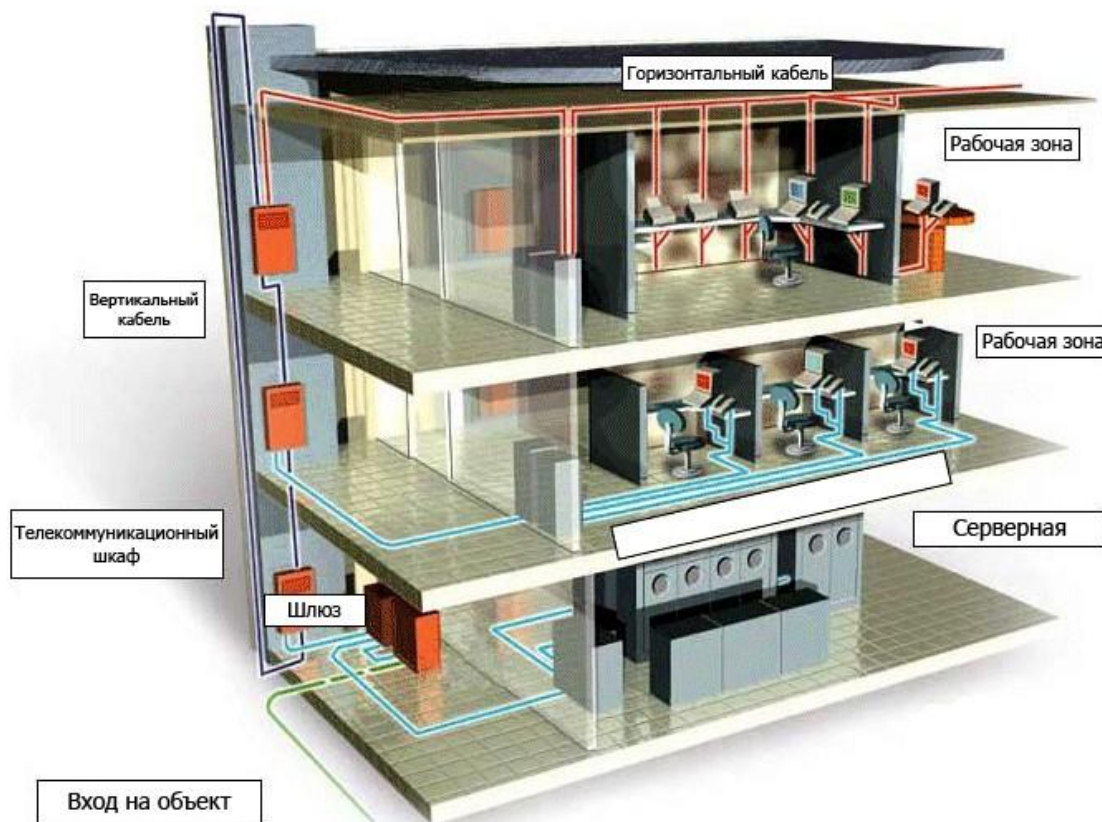


Рис.2.2. Составные части СКС здания.

Рабочее место или рабочая зона включает все оконечные технические устройства пользователя, подключенные к кабельной сети здания. Рабочее место комплектуется обычно двумя информационными розетками, так как типичное офисное рабочее место содержит как минимум компьютер пользователя и его телефон. Подключается оконечное оборудование к СКС с помощью патч-корда. Патч-корды обычно используются длиной 1,5-5 м и имеют стандартный разъем RJ-45.

Горизонтальная кабельная проводка – это кабельные линии, соединяющие рабочее место с коммутационным узлом этажа. Горизонтальная кабельная проводка на основе медных проводников, использует четырехпарный одножильный кабель в различном исполнении. В обычных условиях применяются неэкранированный, а при повышенных требованиях к электромагнитному излучению, совместимости или

конфиденциальности – экранированный кабель. В случае необходимости для коммуникационного узла отводится специальное техническое помещение.

Коммутационный узел этажа—это область, в которой сходятся линии горизонтальной кабельной проводки. В нем размещается пассивное коммутационное и соединительное оборудование, при помощи которого осуществляется соединение, распределение и заделка кабелей, а так же набор коммутационных шнуров и перемычек, при помощи которых осуществляется коммутация кабельных линий и подключение активного оборудования, а также осуществляется администрирование кабельной системы этажа. Под администрированием понимается внесение изменений и дополнений в существующие конфигурации. Основой таких центров являются патч-панели и кросс-панели. Для простоты монтажа и удобства работы коммутационное оборудование размещают в специальных телекоммуникационных шкафах и стойках, к которым подводятся все кабельные линии. Шкафы также выполняют функцию защиты коммутационного оборудования от различных внешних воздействий. Они бывают:

- коммутационные шкафы - используются для установки пассивного сетевого оборудования: патч-панели, кросс, органайзеры и т.д. Они имеют небольшую глубину порядка 450-600 мм и переднюю стеклянную дверь;

- серверные шкафы - большие, глубокие и часто даже широкие шкафы. Имеют перфорированные стенки и двери, а также мощные системы охлаждения. Серверные шкафы используются для установки активного сетевого оборудования;

- комбинированные шкафы - название говорит само за себя.

Структурированные кабельные системы строятся с помощью пассивного коммуникационного оборудования:

- кабель (среда распространения информации). В современных СКС используются кабели типа “витая пара” различных категорий, либо волоконно-оптический кабели;

- розетки (представляют собой точки входа для подключения оборудования);

- коммутационные шнуры (патч-корды), с помощью которых оборудование подключается к розеткам СКС;

- коммутационные панели (для соединения кабельных магистралей в коммутационных центрах).

Коммутационные шнуры (патч-корды) являются одним из основных элементов СКС (рис.2.3). Физически патч-корд представляет собой отрезок кабеля длиной от 1,5 до 5 метров, который с обоих концов обжат специальными коннекторами. Патч-корды бывают на основе витой пары и оптоволоконные.



Рис.2.3.Оптоволоконные патч-корды

Шнуры в зависимости от места подключения в СКС подразделяются(рис.2.4):

- на абонентские шнуры, подключаемые к телекоммуникационным розеткам;
- на аппаратные шнуры, подключаемые к активному оборудованию, установленному в телекоммуникационном помещении;
- на коммутационные шнуры, обеспечивающие коммутацию между распределительными устройствами, установленными в телекоммуникационном помещении.

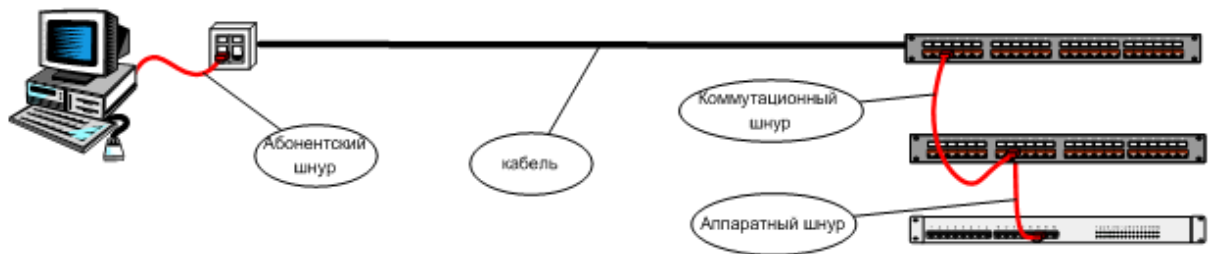


Рис.2.4. Типы шнуров в зависимости от места подключения в СКС.

2.1.1. Распределительные устройства

Распределительные устройства (РУ) – это пассивное оборудование, используемое для фиксации, распределения, заделки кабелей и коммутации кабельных линий. На рис.2.5представлена классификация РУ.

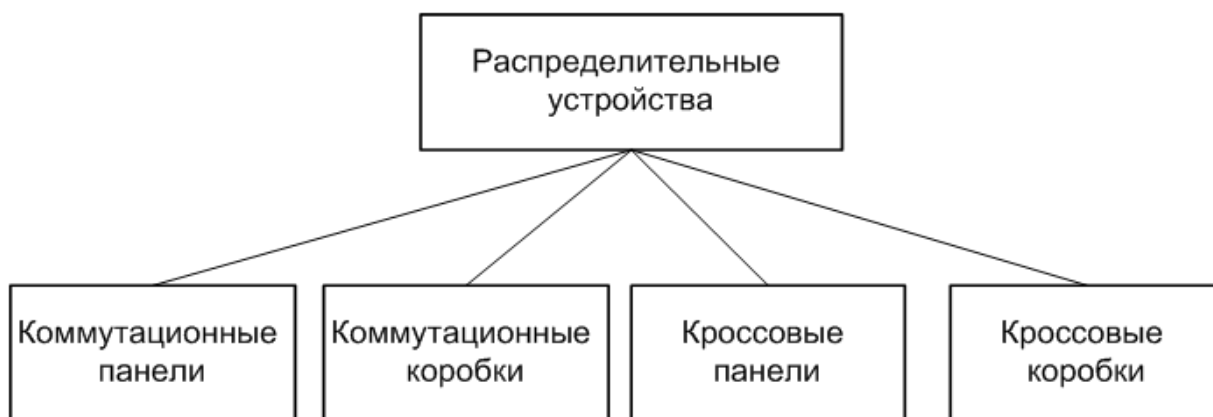


Рис.2.5. Классификация распределительных устройств.

Коммутационные панели или патч-панели (рис.2.6) предназначены для подключения к ним сетевых информационных кабелей различных подсистем СКС и для ручного соединения отдельных сегментов кабельной системы друг с другом коммутационными шнурами или перемычками. Они представляют собой монтажный корпус с предустановленными телекоммуникационными разъемами или монтажный корпус с местами для размещения телекоммуникационных разъемов.



Рис.2.6.Патч-панель.

Физически коммутационная панель со стороны лицевой части представляет собой набор разъемов и коммутационных гребенок с задней части. С задней части к патч-панелям подходят магистральные кабели, уходящие на коммутационное или оконечное оборудование. Сами патч-панели монтируются в коммутационные шкафы, стойки или рамы. Бывают настенные патч-панели. Используются патч-панели для коммутации компонентов СКС как на основе медной витой пары, так и оптического волокна.

Применение коммутационных панелей в структуре СКС позволяет:

- увеличивать гибкость всей системы;
- обеспечивать подключение новых абонентов в сеть;

- облегчать различные перемещения рабочих мест;
- обеспечивать поддержку новых Приложений.

Патч-панель, в которую встроены разъемы одного типа, называется фиксированной. Если коммутационная панель имеет разъемы для различных типов кабелей, это наборная панель. Количество портов (разъемов) в панели может различаться в зависимости от типов разъемов и размеров самой панели. Как правило, стандартное количество портов равно 12, 16, 24, 48 и 96 разъемам. В зависимости от модификации коммутационная панель может быть экранированной или неэкранированной.

При создании узлов коммутации СКС используются коммутационные панели следующих типов:

- коммутационные панели типа RJ-45;
- коммутационные панели типа 110;
- оптические коммутационные панели типов ST, SC, LC, MTRJ.

Коммутационные панели типов 110, RJ-45 предназначены для коммутации портов СКС выполненных на медных кабелях типа "витая пара". Оптические коммутационные панели предназначены для коммутации портов СКС выполненных на волоконно-оптических кабелях.

Коммутационные панели типа RJ-45 и оптические коммутационные панели предназначены для установки в 19" монтажные шкафы, монтажные стойки или настенные кронштейны или рамы. Коммутационные панели RJ-45 имеют емкость 24 или 48 портов. Оптические панели имеют емкость до 96 портов.

Коммутационные панели типов 110 выполняются в двух вариантах исполнения: для установки в 19" монтажные шкафы, стойки, кронштейны или рамы, а также для установки на стене. Коммутационные панели данных типов имеют емкость от 100 до 900 пар.

Необходимая емкость коммутационного поля достигается установкой необходимого количества коммутационных панелей.

Коммутационные панели типа RJ-45 и оптические коммутационные панели рассчитаны на коммутацию только с применением коммутационных шнуров (патч-кордов). Коммутационные панели типов 110 рассчитаны на коммутацию как коммутационными шнурами, так и на жесткую коммутацию (кроссировку) с применением специального кроссировочного медного кабеля. Кроссировочный кабель применяется только для коммутации линий или портов СКС категории 3 (телефония).

В настоящее время на рынке компонентов СКС представлено несколько видов патч-панелей. Выбор того или иного типа панелей зависит от физических и прочих условий, а также от задач, которые должна выполнять система. Самой используемой коммутационной панелью в СКС для витой пары является 19-ти дюймовая панель с 8-ми контактными 8-ми позиционными модульными телекоммуникационными разъемами. Коммутационная коробка (КК) – это коробка с предустановленными телекоммуникационными разъемами или коробка с местом для размещения телекоммуникационных разъемов.

Кроссовая панель (КП) используется для распределения и заделки проводников кабеля и представляет собой монтажный корпус, в котором установлены или могут быть установлены блоки IDC типа. Наиболее используемым типом кроссовых панелей в составе СКС является 19-ти дюймовая панель 110 типа (рис. 2.7). Применение 19-ти дюймовых кроссов позволяет легко наращивать кросс по мере необходимости, обеспечивает простоту и удобство в его обслуживании.

Конструкция кросс-панели состоит из металлического основания с установленными кроссовыми блоками, имеет дополнительные окна для разводки кабеля и облегчения конструкции. Выпускаются кроссы 1U и 2U, с понижением функциональной плоскости и без понижения. Понижение функциональной плоскости от плоскости 19" крепления позволяет при построении кроссового узла не выходить за пределы 19" конструктива.



Рис.2.7. Кроссовые панели с соединительными блоками 110 типа.

Кроссовые коробки (КК) используются в кабельных системах для соединения медных проводников и представляют собой коробку, в которой установлены или могут быть установлены блоки IDC типа (рис.2.8).



Рис.2.8. Кроссовая коробка с планками.

2.1.2. Информационные розетки.

.Информационные розетки предназначены для коммутации в сеть оконечного оборудования (персональные компьютеры, сетевые принтеры и т.п.) и представляют собой устройства (рис.2.9), на которых терминируются кабели горизонтальной подсистемы СКС, пришедшие к рабочему месту.



Рис.2.9. Информационная розетка.

Корпуса информационных розеток подразделяются на внутренние корпуса (модульные) (рис.2.10) и внешние корпуса (рис.2.11). Внутренний корпус выполнен в виде декоративной лицевой панели и оставляет открытой заднюю (кабельную) часть розеточного модуля, а внешний корпус закрывает розеточный модуль со всех сторон.

Настенные розетки монтируются непосредственно на поверхность. Корпуса внутренней розетки устанавливаются на штатное посадочное место с помощью защёлок. Более удобны модульные розетки, которые устанавливаются в кабель - каналы.

В информационных розетках используются разъемы RJ-45, в которые коммутируются патч-корды. Фактически каждая информационная розетка на рабочем месте оканчивается разъемом на патч-панели.



Рис.2.10. Внутренние информационные розетки.



Рис.2.11. Внешние информационные розетки

Каждое рабочее место оснащается не менее чем двумя розетками для подключения телефона и компьютерного оборудования. Одна ИР должна обеспечивать присоединение 4-х парного кабеля по технологии IDC, а другая – присоединение либо двух ОВ, либо второго 4-х парного кабеля по технологии IDC.

Розетки располагаются так, чтобы длина патч-корда, необходимого для подключения не превышала 5 метров. Стандарт рекомендует устанавливать ИР повсеместно на полезной площади этажа и с максимально возможной плотностью, что позволяет приспособлять СКС к любым изменениям на рабочих местах.

На рис. 2.12 представлен общий вид короба с розеткой, установленной в его внутреннее пространство. Набор технических средств для выполнения этого вида установки включает монтажную коробку, розеточный модуль (с адаптером в случае необходимости), кронштейн крепления и лицевую пластину.



Рис.2.12. Общий вид короба с розеткой.

Установка розетки на короб осуществляется с помощью монтажной рамки, представляющей собой пластмассовое основание с пазами для установки на короб и вырезом под розеточный модуль или его адаптер. Данный способ установки розеток позволяет по сравнению с предыдущим

вариантом использовать настенные кабельные каналы несколько меньшего поперечного сечения. Однако выступающие над поверхностью короба розетки менее защищены от механических повреждений и обладают наименее эстетическими характеристиками.

Установка розетки рядом с коробом (рис 2.9.) во многом объединяет достоинства двух предыдущих вариантов. Розетки, установленные рядом с коробом, обладают хорошими эстетическими показателями и позволяют полностью использовать внутреннее пространство короба для прокладки кабеля. Их недостатком является несколько большая трудоемкость монтажа по сравнению с методом установки во внутреннее пространство короба, а также необходимость применения монтажной рамки.

2.1.3. Разъемы для электрических кабелей.

Особенностью СКС является существенная зависимость ее функциональных показателей от качества монтажа, выполняемого в процессе строительства. При этом большое значение имеет технология соединения кабеля с разъемами, т. е. именно надежность и высокое качество соединения кабелей с разъемами во многом определяют как пропускную способность СКС, так и обеспечивают высокое качество кабельной системы в целом.

Разъем можно характеризовать как окончание кабеля для коммутируемого электрического или оптического разъемного соединения. Часть кабельного разъема, обеспечивающая электрическое подключение проводников именуется коннектором, который обеспечивает неразъемный контакт проводников кабеля в разъеме. Именно от коннекторов зависит качество разъемов.

Электрический разъем имеет два коннектора — врезной и контактный. Первый служит для неразъемного подключения витых пар, второй — для коммутируемого соединения с ответным разъемом. Врезное соединение реализовано на коннекторах, разъемное — на подпружиненных контактах. Гнездо является интерфейсом линейных кабелей. Коннектор соединительных кабелей одновременно выполняет функции врезного и контактного соединений. С одной стороны он неразъемно подключен к проводникам кабеля, другая служит для контактного соединения с гнездовым разъемом (рис.2.13).

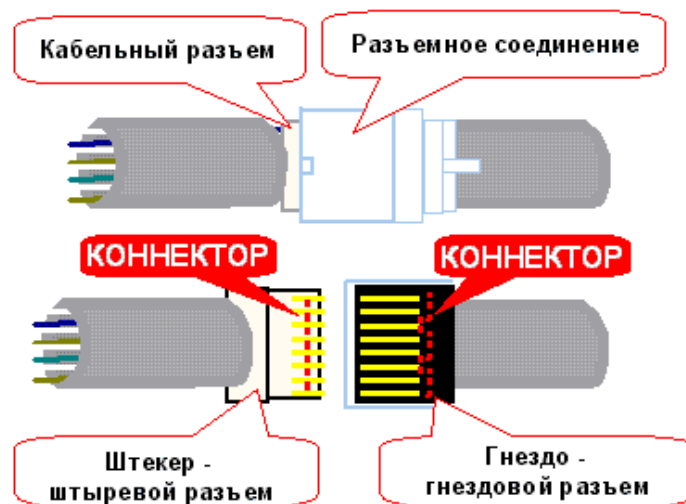


Рис. 2.13. Кабельный разъем и коннектор

Конструкция коннекторов очень проста. Она напоминает гребенку с тонкими электропроводными лезвиями на боковых поверхностях зубцов. Гребенка коннектора может быть однорядной или двухрядной. Для неразъемного подключения проводников кабеля используется способ "врезной контакт сквозь изоляцию" (КСИ в русскоязычной литературе, IDC - в англоязычной). Каждый изолированный проводник с помощью монтажного инструмента продавливается в пружинный ножевой контакт, острые кромки которого прорезают изоляцию и внедряются в медное тело проводника (рис.2.14). Сила упругости (F) удерживает проводник в контакте, обеспечивая герметичность контактной зоны (A) и способствуя диффузии, которая со временем приводит к "холодной сварке" провода и контакта. Как сила упругости F , так и величина зоны контакта зависят от толщины пластины контакта (T).

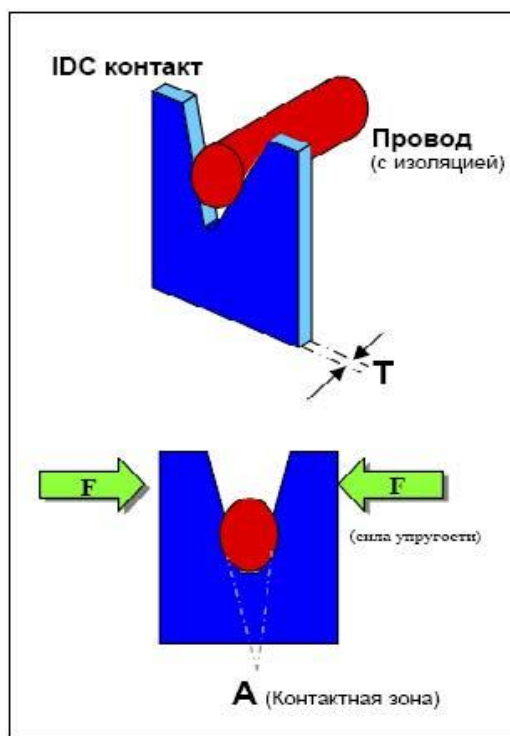


Рис.2.14. Соединение посредством врезного контакта.

Одним из разновидностей разъемов, используемых в СКС, является модуль (рис.2.15). Модули используются как в конструкциях розеток, так и при сборке модульных патч-панелей. Конструктивно модуль с одной стороны имеет гнездо с контактами, в которое вставляется патч-корд, с другой стороны – контакты типа IDC куда подводится кабель. Как и кабели, модули могут быть экранированными и неэкранированными. Они отличаются наличием металлического кожуха, который соединяется с экраном самого кабеля, и используются только с экранированным оборудованием (розетками, патч-панелями и др.).



Рис.2.15. Модуль

При строительстве СКС, как правило, используются модули и штекеры типа RJ-45. Разъем RJ-45 - это разъем стандарта 8P8C, расшифровывается

так: разъем имеет 8 посадочных мест для ножей-контактов и 8 ножей-вставок в них.

Корпус RJ-45 разъема состоит из прозрачного пластика, внутри которого – несколько ножей-контактов, покрытых золотым напылением. Разъемы RJ-45 имеют различные конфигурации ножей-контактов в зависимости от вида кабеля, с которым они применяются (одножильный или многожильный). Разъемы с тремя выступами являются универсальными, что позволяет их использовать как с многожильным, так и с одножильным кабелем.

Модули RJ-45 используются для создания наборных модульных систем основой которых служит патч-панель, в которую защелкивается адаптер-вставка с установленным модулем RJ-45. Наборная конструкция позволяет собирать готовые розетки нужной конфигурации и с разным количеством портов.

3. Среда передачи сигналов в СКС на основе “витой пары”.

С развитием технологии построения сетей СКС появился новый класс кабелей для интеллектуальных зданий – это кабели структурированных кабельных систем (СКС), предназначенные для передачи электрических сигналов. Конструктивно и по диапазону частот они отличаются от кабелей связи, в их основу положен главный элемент – «скрученная» пара (в терминологии СКС «витая» пара). Витая пара не была новым изобретением. До этого она многие десятки лет использовалась в телефонии. Это была витая пара с большим шагом скрутки проводов в паре и небольшой полосой пропускания примерно соответствующая витой паре 3 категории. В сентябре 1990 года произошел перенос витой пары на почву Ethernet, когда был официально принят стандарт 10baseT. В то время компьютерные кабели отличало от телефонных кабелей только конструктивное оформление - 4 пары под одной оболочкой.

Несколько позже, одновременно с появлением FastEthernet в 1995 году, был введен новый стандарт на кабель категории 5, с шагом скрутки, меняющемся для разных пар от 12 до 32 мм для уменьшения перекрестных наводок. Такой кабель обеспечивал передачу сигналов с частотой до 100 МГц. Далее появилась категория 5е с полосой пропускания до 125 МГц, категория 6 - до 200 МГц и категория 7- до 600 МГц. Это наглядно показывает картину зависимости передачи сигнала заданной частоты от параметров кабеля.

3.1. Классификация кабелей СКС.

В структурированных кабельных системах применяются два основных типа кабелей (рис. 3.1):

- симметричные электрические кабели на основе витой пары с волновым сопротивлением 100, 120 и 150 Ом в экранированном и неэкранированном исполнении;
- оптические кабели с многомодовыми и одномодовыми волокнами.

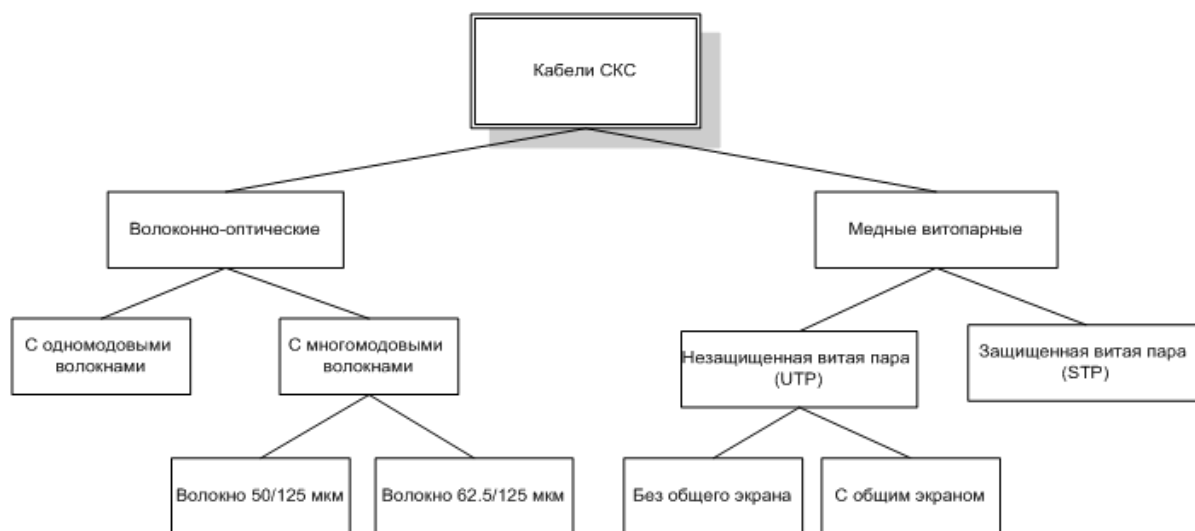


Рис. 3.1. Классификация кабелей СКБ.

Симметричные электрические кабели на основе витой пары подразделяются на экранированные и неэкранированные. Экранированные симметричные кабели имеют ряд преимуществ. Они обладают лучшими электрическими, а в некоторых случаях и механическими характеристиками. Но с другой стороны они требуют тщательности при монтаже и выполнении заземления, имеют большую массу и габариты, и при этом значительно дороже. Поэтому в качестве основного кабеля для передачи электрических сигналов чаще всего используются кабели на основе неэкранированных витых пар.

Для создания горизонтальной подсистемы в основном используются симметричные электрические кабели из витых пар, имеющие обычно волновое сопротивление 100 Ом. По ним передаются, как телефонные сигналы и низкоскоростная дискретная информация, так и данные высокоскоростных приложений от распределительной (коммутационной) панели непосредственно к рабочему месту. В последнее время в отдельных случаях наблюдается использование в горизонтальной подсистеме оптических кабелей.

В подсистеме внутренних магистралей электрические и оптические кабели применяются одинаково часто, причем электрические кабели используются для передачи главным образом телефонных сигналов и данных с частотой до 1 МГц, а оптические кабели обеспечивают передачу цифровой информации высокоскоростных приложений.

На внешних магистралях доминирующую роль играют оптические кабели. Для перехода с электрического кабеля на оптический в процессе передачи данных со скоростью 10 Мбит/с и выше в технических помещениях устанавливается соответствующее сетевое оборудование (преобразователи среды или трансиверы).

3.2. Кабели на основе “витой пары”.

Большинство кабелей СКС предназначено для прокладки внутри зданий. Это обстоятельство и определяет их конструктивные особенности. В частности, кабели СКС не имеют защиты от проникновения влаги внутрь сердечника. Отсутствуют также броневые покрытия и другие элементы, связанные с условиями прокладки и эксплуатации, что особенно характерно для кабелей связи.

Одним из основных элементов конструкций кабелей СКС является сплошной медный проводник диаметром 0,51 - 0,64 мм, поверх которого накладывается изоляция. В качестве материала изоляции обычно используется полиэтилен, в более редких случаях - композиции из полипропилена и полиэтилена. В кабелях высших категорий используется изоляция из вспененного полиэтилена, поверх которого наложен слой сплошного полимера. Использование вспененного диэлектрика несколько снижает массу кабеля и значительно улучшает его электрические параметры, но с другой стороны приводит к удорожанию кабеля в целом.

Проводники витых пар абонентских кабелей из соображений обеспечения устойчивости к многократным изгибам в процессе эксплуатации выполняются из многопроволочного проводника. Многопроволочный проводник изготавливается из семи свитых тонких проводников диаметром порядка 0,2 мм. Абонентский кабель имеет более высокое затухание по сравнению с линейным кабелем. Для частичной компенсации этого нежелательного явления общий диаметр проводника абонентского кабеля несколько увеличивают по сравнению с проводником линейного кабеля.

Сердечник любой конструкции кабеля СКС содержит от 1 до 100 пар медных изолированных проводников, скрученных с различными согласованными и нескрученными друг другу шагами. Наиболее распространены двухпарные и четырехпарные конструкции сердечников.

Кроме витых пар в состав сердечника кабеля могут входить дополнительные защитные, экранирующие и технологические элементы. В зависимости от наличия или отсутствия экранирующих элементов кабели делятся на экранированные и неэкранированные конструкции. Экран выполняется в виде алюминиевой фольги, либо медной оплетки, либо и того и другого вместе. Встречается как общее экранирование, так и экраны по скрученным парам. Экраны сопровождаются дренажным проводником в виде медной проволоки для поддержания целостности экрана. Экранированные

конструкции, в принципе более помехозащищены и имеют лучшие показатели переходного затухания, но их применение требует специальных разъемов и правильной схемы заземления, поэтому на практике большее распространение получили неэкранированные кабели.

Для сохранения структуры сердечника от внешних воздействий во время прокладки и эксплуатации на сердечник накладывается защитная оболочка в виде шланга из негорючего полимера. В качестве материала оболочки применяется в основном ПВХ пластикат, как самый дешевый и не распространяющий горение материал. В специальных случаях используются самозатухающий полиэтилен либо малодымные безгаллогенные компаунды, однако это увеличивает стоимость и снижает механические характеристики кабеля.

В зависимости от области применения кабели СКС на основе витых пар подразделяются на четыре основных вида:

- горизонтальный кабель;
- магистральный кабель;
- кабель для шнуров;
- провод для перемычек.

3.2.1. Горизонтальный кабель

Горизонтальный кабель типа “витая пара” применяется в горизонтальной подсистеме на участке от коммутационного оборудования в кроссовой этажа до информационных розеток рабочих мест. Свое название данный вид кабеля получил из-за того, что в большинстве случаев укладывается на трассе в горизонтальном положении.

Проводники горизонтальных кабелей изготавливаются из монолитной медной проволоки. В качестве материалов для изоляции проводников в кабелях категории 3 обычно применяют поливинилхлорид, в кабелях категорий 5...7 – материал с улучшенными электрическими характеристиками (полиэтилен, пропилен). Применяются, как сплошные, так и вспененные материалы. Последние позволяют получить несколько лучшие электрические характеристики и поэтому применяются преимущественно в кабелях с верхней граничной частотой выше 100 МГц. Радиальная толщина изоляции составляет 0,2 мм.

По видам скрутки проводников горизонтальные кабели различаются на кабели парной и четверочной скрутки (рис. 3.2.).

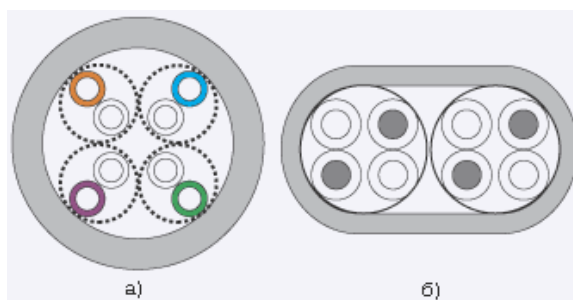


Рис. 3.2. Горизонтальные кабели:
 а) парной скрутки, б) четверочной скрутки.

Четверочная скрутка позволяет добиться меньших внешних габаритов кабеля, большей стабильности его конструкции и лучших электрических характеристик. Однако кабель с четверочной скруткой более сложен в производстве и разделке, поэтому широкого распространения в строительстве СКС не нашел. Наиболее распространенные на практике конструкции горизонтального кабеля содержат четыре витых пары. В отдельных случаях допускается применение двухпарных кабелей.

Витые пары кабеля образуют кабельный сердечник, покрытый общей для всех пар внешней защитной оболочкой в большинстве случаев из обычного поливинилхлорида толщиной порядка 0,5-0,6 мм. Для внешней оболочки наряду с обычным поливинилхлоридом применяют и другие материалы, не поддерживающие горение, а также малодымные полимеры.

Конструкции, предназначенные для внешней прокладки поверх поливинилхлоридной оболочки, имеют дополнительно внешний полиэтиленовый шланг, обладающий более высокой влагостойкостью по сравнению с поливинилхлоридом.

Кабели “витая” пара, у которых под общей оболочкой находятся три и более четырехпарных элемента, относятся к многопарным.

В зависимости от наличия или отсутствия дополнительных экранирующих покрытий отдельных витых пар и / или сердечника в целом горизонтальные кабели подразделяются на неэкранированные (UTP) и экранированные (STP) (рис.3.3). Экранированные кабели обозначают английским термином *Screened Twisted Pair (STP)*, неэкранированные — *Unscreened Twisted Pair (UTP)*. Основным признаком экранированной витой пары наличие экрана вокруг нее, при этом общего внешнего экрана может и не быть. А в *UTP* общий внешний экран может присутствовать, но вокруг пары экран отсутствует

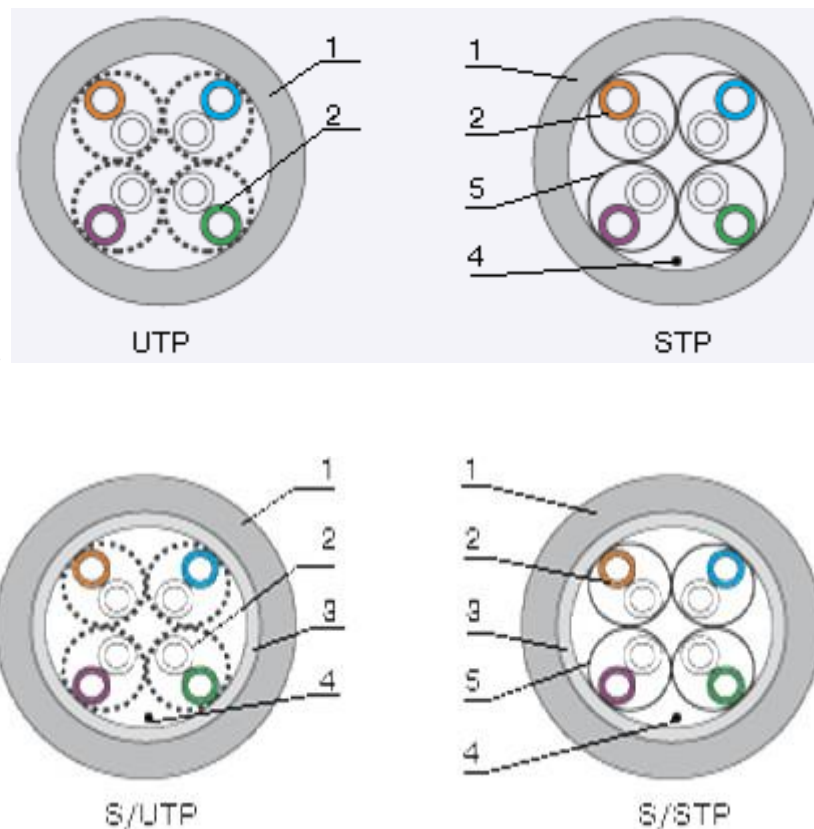


Рис.3.3. Горизонтальные кабели.

1- наружная оболочка, 2-витая пара, 3- внешний экран, 4- сердечник, 5- экранированная пара.

Неэкранированные (UTP) кабели в сравнении с экранированными обладают определенными преимуществами:

- меньшая стоимость;
- меньшая трудоемкость монтажа;
- лучшие массогабаритные показатели;
- меньший радиус изгиба.

Основными преимуществами экранированных конструкций являются: лучшая защита от внешних электромагнитных помех, более эффективная защита от несанкционированного доступа к передаваемой информации, а также повышенная механическая прочность в случаях применения оплеточных экранов.

Наибольшее распространение для экранирования отдельных пар получили металлизированные алюминием тонкие полимерные пленки. Внешние экраны, окружающие кабельный сердечник, изготавливаются из такой же пленки, или же выполняются в виде оплетки из оцинкованной медной проволоки.

В состав конструкции пленочного экрана обычно вводится дополнительный тонкий неизолированный медный луженый или оцинкованный проводник диаметром порядка 0,5мм, в функции которого

входит обеспечение электрической непрерывности экрана при случайных разрывах пленки во время прокладки и эксплуатации.

На практике получили достаточно широкое распространение кабели “витая пара” с общим пленочным экраном, который дополняется оплеткой. Пленочные экраны хорошо защищают кабель от высокочастотных помех, а экраны в виде оплетки – от низкочастотных, то есть такой двухслойный экран обеспечивает надежное экранирование кабельного сердечника в широком диапазоне частот.

Областью применения кабелей S/UTP является построение горизонтальной подсистемы СКС при значительном уровне внешних помех или при повышенных требованиях к безопасности кабельной системы.

В сравнении с кабелями S/UTP кабели S/STP обладают еще лучшими характеристиками по защите от внешних помех и по уровню ЭМИ, обеспечивают более высокое (на 10...15 дБ и более) значение NEXT. В табл.3.1 приведены сравнительные характеристики отдельных механических и эксплуатационных параметров основных вариантов конструкций четырехпарных горизонтальных кабелей.

Таблица 3.1. Сравнительная характеристика параметров конструкций четырехпарных горизонтальных кабелей.

Тип кабеля	UTP		STP	S/UTP	S/UTP	S/STP
	Кат.5	Кат.6		Пленочный экран	Комбинированный экран	
Масса, кг/км	30-33	34-37	42	49	65-85	82-88
Внешний диаметр, мм	4,9	5,2	5,4	6,2	7,6	8,0
Рабочий диапазон температур, С	-20 - +(60-70)					
Радиус изгиба, мм	30-35			35-40	40-45	

Отдельные производители выпускают неэкранированные конструкции горизонтальных кабелей, которые обеспечивают получение величины параметра ACR порядка 10 дБ на частотах 150-200 МГц, что соответствует характеристикам кабеля категории 6. Увеличение параметра ACR достигается главным образом за счет улучшения параметров NEXT.

В свою очередь увеличение параметра NEXT возможно достичь двумя способами. Первый из них основан на сохранении структуры сердечника в процессе прокладки и эксплуатации и базируется на введении в состав кабельного сердечника дополнительного силового элемента. В качестве такого элемента используется центральный пластмассовый пруток или

полиэтиленовый элемент в форме четырехлучевой звезды в поперечном сечении(рис 3.4), который часто называют “сепаратор”. Укладка каждой пары в индивидуальный паз разносит их друг от друга, что приводит к увеличению значения параметра NEXT (переходного затухания между отдельными парами на ближнем конце кабеля).

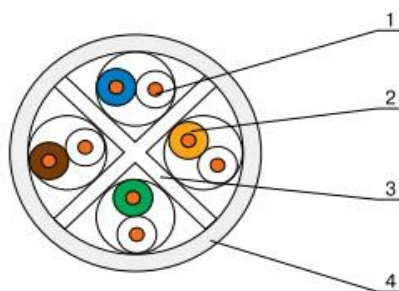


Рис. 3.4. Кабель с профилированным элементом.

Второй способ основан на поддержании высокой точности балансировки витых пар, т.е. шагов скрутки в процессе их производства.

В настоящее время характеристики горизонтальных кабелей нормируются до частот порядка 350-550 МГц из соображений использования их для передачи сигналов однонаправленных приложений (многоканальное эфирное и кабельное телевидение). Дальнейшее увеличение рабочих частот горизонтальных кабелей возможно только на экранированных конструкциях. Многие кабельные заводы выпускают экранированные кабели из витых пар, характеристики которых нормируются уже на частотах до 1 ГГц. Основной областью применения таких кабелей считается передача сигналов приложений класса F.

Для уменьшения затухания сигналов по витой паре в таких экранированных кабелях применяют увеличение диаметра медной жилы проводников до 0,55 мм против типовых значений 0,51- 0,53 мм для витой пары категории 5 и используют изоляционные покрытия с уменьшенными диэлектрическими потерями, в частности из вспененных материалов.

3.2.2. Магистральный кабель

Магистральный кабель предназначен для использования в магистральных подсистемах СКС для организации связи между

помещениями кроссовых комнат. В отличие от горизонтального кабеля магистральные кабели содержат более четырех витых пар и поэтому часто называются многопарными.

Конструкция многопарного кабеля зависит от его емкости. При числе пар до 25 они просто помещаются в общую оболочку (рис. 3.5а). При емкости свыше 25 пар последние разбиваются на пучки по 25 пар в каждом, совокупность которых образует кабельный сердечник (рис. 3.5б).

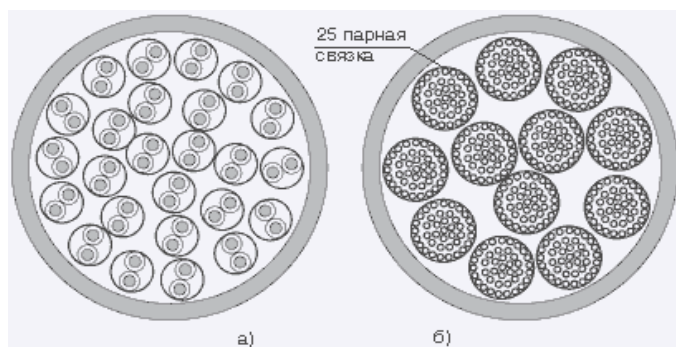


Рис. 3.5. Многопарные магистральные кабели.

а) 25-парный кабель

б) 300-парный кабель

Пары одного пучка скрепляются полиэтиленовой лентой. Снаружи сердечник защищается общей диэлектрической оболочкой. Для увеличения прочности и устойчивости к различным механическим воздействиям в качестве основы сердечника многопарного кабеля иногда используют центральный стеклопластиковый пруток.

Отдельные фирмы наряду с многопарными кабелями выпускают так называемые многоэлементные (MultiUnit) кабели. Они отличаются тем, что кабельный сердечник образуют не отдельные витые пары, а двух- или четырехпарные элементы, аналогичные по конструкции горизонтальному кабелю и снабженные индивидуальной защитной оболочкой. Многопарные кабели подразделяются на кабели внутренней и внешней прокладки. Основным отличием кабеля внешней прокладки от внутреннего является применение специальных мер и конструктивных решений по защите кабельного сердечника от попадания в него влаги. Эта проблема решается использованием внешней полиэтиленовой оболочки. В некоторых типах кабелей используют гелевое заполнение внутренних пустот сердечника. Многопарные кабели могут иметь дополнительную защиту в виде брони из алюминиевой или стальной гофрированной ленты.

Кроме неэкранированных магистральных кабелей выпускаются кабели экранированной конструкции, у которых под внешней диэлектрической оболочкой находится экран, закрывающий кабельный сердечник (S/UTP).

3.2.3. Кабель для шнуров и провода для перемычек.

Особенность любой СКС состоит в том, что коммутация различных ее сегментов друг с другом всегда производится вручную шнурами и перемычками.

Шнуры (рис.3.8) в зависимости от места подключения в СКС подразделяются на:

- абонентские или шнуры рабочего места, подключаемые к телекоммуникационным розеткам;
- аппаратные (сетевые) или шнуры оборудования, подключаемые к активному оборудованию, установленному в телекоммуникационном помещении;
- коммутационные, обеспечивающие коммутацию между распределительными устройствами, установленными в телекоммуникационном помещении.

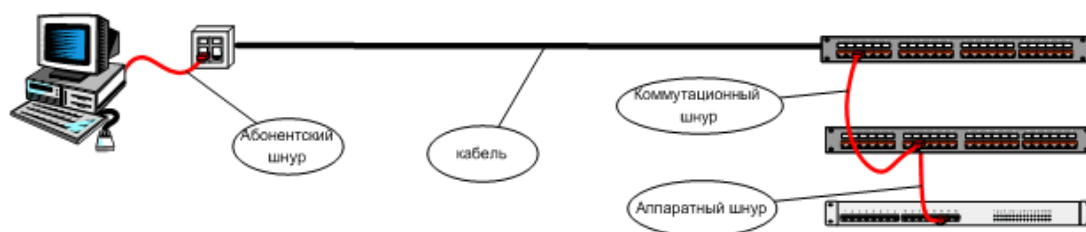


Рис.3.8. Типы шнуров в зависимости от места подключения в СКС

Шнуры рабочего места соединяют информационную розетку с терминальным устройством. Шнуры оборудования соединяют активное оборудование с подсистемой СКС в помещениях, где расположены распределительные устройства. Шнуры коммутационные и кроссовые перемычки используются на распределительных устройствах при реализации кросс-коннекторов.

Коммутационные шнуры (патч-корды) используются для коммутации телекоммуникационных линий и каналов в кроссовом шкафу или на патч-панели. Они соединяют одну линию связи с другой, а также используются для подключения сетевого адаптера компьютера к кабельной системе. Патч-корд представляет собой короткий (как правило, не более 10 метров) отрезок гибкого кабеля UTP (с экраном или без) терминированный с обоих концов разъемами RJ-45. Одной из основных характеристик патч-корда является его гибкость, т.е. он должен быть изготовлен из многожильного кабеля и иметь гибкую пластиковую внешнюю изоляцию.

Существуют патч-корды для сетей на основе витой пары и на основе волоконно-оптического кабеля.

Стандарт ТТA/EIA-568- А определяет, что максимальное затухание кабелей для шнуров может быть на 20% выше, чем затухание горизонтального кабеля. Стандарт же ISO/IEC 11801 допускает увеличение коэффициента затухания на 50%.

Длины коммутационных и оконечных шнуров зависят от выбранной схемы подключения сетевого оборудования, типа среды передачи сигнала и подсистемы СКС, к которой относится данный конкретный шнур или их совокупность. Согласно стандарту ISO/IEC 11801 суммарная длина кабелей шнуров, применяемых при организации трактов горизонтальной подсистемы, составляет 9 (10) м – в случае схемы коммутационного подключения (соединения) для электрического кабеля и 10 м – при любой схеме подключения в волоконно-оптическом варианте.

Максимальная длина коммутационного шнура, используемого в кроссовых магистральных подсистемах (РУЗ и РУТ) согласно стандарту ISO/IEC 11801 составляет 20 м. Длина оконечных шнуров, предназначенных для подключения сетевого оборудования в этих технических помещениях, не должна превышать 30 м.

Провод для перемычек, или кроссировочный провод, в большинстве случаев представляет собой одну неэкранированную витую пару без внешней защитной оболочки. Проводники выполняются из медной проволоки диаметром 0,51 мм с поливинилхлоридной изоляцией. Наряду с однопарным кроссировочным проводом существуют также его варианты: с 2, 3, и 4 парами в общей защитной оболочке. Структура такого провода формируется скруткой его витых пар друг с другом. По своей конструкции они фактически представляют собой классический горизонтальный кабель.

Все разновидности соединительных шнуров, используемые при формировании трактов передачи данных, не входят в состав СКС.

3. 3. Электрические характеристики кабелей СКС

В настоящее время СКС получают все большее и большее развитие и распространение. При этом следует отметить, что повсеместное внедрение СКС сопровождается одновременным повышением скоростей передачи. Так, если первые кабели СКС (категория 3) обеспечивали передачу сигнала на частотах до 16 МГц, то сегодня широко применяются кабели, у которых эта граница сдвинулась до 250 МГц (категория 6), а разрабатываемые в настоящее время кабели имеют диапазон рабочих частот до 1,2 ГГц (категория 8). В результате кабели СКС стали настолько отличаться от традиционных абонентских, что круг тестируемых параметров для сертификации кабелей и каналов СКС пришлось изменять и расширять.

Применяемость кабелей СКС для передачи электрических сигналов, как и традиционных, определяется параметрами передачи и параметрами

влияния. Параметры передачи характеризуют процесс распространения электромагнитной энергии по витой паре, а параметры влияния – переход электромагнитной энергии с одной витой пары на другую и защищенность от внешних помех.

3.3.1. Параметры передачи

Особенностью кабелей СКС на основе витой пары в отличие от классических симметричных является протяженность строительных длин, которые в соответствии с требованиями стандартов на СКС строго нормированы. В технической документации на СКС все значения параметров передачи приведены к заданной величине длины в зависимости от области использования кабеля и установленной системой построения тракта передачи. Так, например, для кабелей СКС коэффициент затухания определяется не на 1км, как принято в классической терминологии, а на строительную длину, это обычно 100м.

В соответствии со стандартом Т1А/Т1А-568-А максимальное затухание $\alpha(f)$ на длине кабеля 100м при температуре +20 С, начиная с частоты 0,772 МГц, для кабелей 3,4,5 категорий определяется по формуле

$$\alpha(f) = \kappa_1 f + \kappa_2 f^2 + \kappa_3 f^3, (3.1)$$

где f – частота сигнала, МГц; $\kappa_1, \kappa_2, \kappa_3$ – константы, определяемые в зависимости от категории кабеля (табл.3.2).

Таблица 3.2. Константы $\kappa_1, \kappa_2, \kappa_3$ для кабелей категории 3,4,5.

Категория кабеля	κ_1	κ_2	κ_3
3	2,320	0,738	0,000
4	2,050	0,043	0,057
5	1,967	0,023	0,050

Максимально допустимое затухание тракта передачи, включающего разъем, кабель и шнур рассчитывается по формуле:

$$\alpha = \alpha_{\text{разъема}} + \alpha_{\text{кабеля на 100м}} * (L_{\text{кабеля}} + 1,2 L_{\text{шнуров}}) / 100 \text{ м}, (3.2)$$

где $\alpha_{\text{разъема}}$ – сумма максимально допустимых затуханий, вносимых всеми разъемами. В канале может быть до четырех разъемов, в стационарной линии всегда два разъема; $\alpha_{\text{кабеля на 100м}}$ – максимально допустимое затухание горизонтального кабеля на длине 100 м; $L_{\text{кабеля}}$ – фактическая длина горизонтального кабеля или стационарной линии; $L_{\text{шнуров}}$ – фактическая сумма длин всех шнуров канала или стационарной линии.

Волновое сопротивление - Z_c канала или стационарной линии определяется соотношением:

$$Z_c = \sqrt{\frac{Z_0}{Y_0}} = \sqrt{\frac{r_0 + j\omega L_0}{g_0 + j\omega C_0}} = |Z_0| \times e^{j\theta} \quad (3.3)$$

где Z_0 , Ом/м и Y_0 , См/м – комплексные сопротивление и проводимость линии,

R - сопротивление проводников витой пары,

L – общая индуктивность витой пары,

G - проводимость изоляции,

C – емкость витой пары,

$|Z_c|$ - модуль волнового сопротивления линии,

θ - аргумент волнового сопротивления линии.

Волновое сопротивление Z_c кабелей СКС на частоте свыше 1 МГц определяется по формуле

$$Z_c = L/C * 100, \text{ Ом} \quad (3.4)$$

Частотная зависимость модуля и аргумента волнового сопротивления приведена на рис. 3.8. Как видно, при

$$\omega \rightarrow 0: Z_c \rightarrow \sqrt{\frac{r_0}{g_0}} \text{ и } \theta \rightarrow 0, \text{ а при } \omega \rightarrow \infty: Z_c \rightarrow \sqrt{\frac{L_0}{C_0}} \text{ и } \theta \rightarrow 0.$$

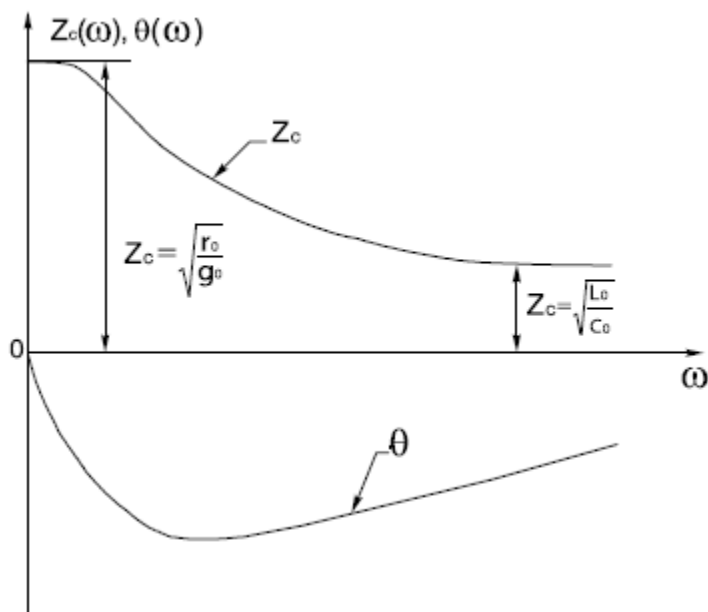


Рис.3.8. Частотная зависимость модуля и аргумента волнового сопротивления.

В соответствии с требованиями стандарта каналы классов D, E и F должны иметь номинальное значение волнового сопротивления во всем диапазоне частот 100 ± 5 Ом. Для каналов классов A, B и C кроме значения 100 Ом, допускается и значение 120 ± 15 Ом.

3.3.2. Структурные и возвратные потери

В отличие от идеальной однородной линии реальная линия является неоднородной по волновому сопротивлению. В связи этим при подаче на вход линии или канала импульса напряжения с амплитудой U_o в случае несогласованности нагрузки с волновым сопротивлением ($Z_c \neq Z_H$) и наличия внутренних неоднородностей возникает отраженный импульс U_{RL} , распространяющийся в обратном направлении к началу линии (рис. 3.9). Это затрудняет согласование с аппаратурой на концах линии и сопровождается ростом рабочего затухания и искажением передаваемого сигнала.

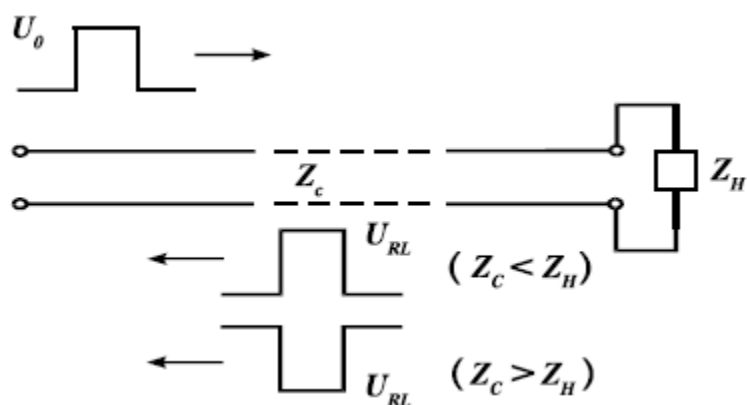


Рис. 3.9. Отражение импульса в канале или линии при наличии в них неоднородностей волнового сопротивления.

Степень однородности волнового сопротивления Z_c канала или линии по длине и степень согласованности его с сопротивлением нагрузки Z_H в определенном частотном интервале характеризуется параметром - RL (возвратные потери). Возвратные потери RL определяются по формуле

$$RL = 20 \lg(|U_{RL}|/U_o) \quad (3.5)$$

где $|U_{RL}|$ - амплитуда отраженного импульса (по модулю),
 U_o - амплитуда входного импульса линии.

Параметр RL специфицирован для классов C, D, E, F и измеряется на обоих концах канала или линии. В табл. 3.3 приведены минимально допустимые по

модулю значения RL для канала и стационарной линии на верхних частотах соответствующих классов.

Таблица 3.3. Минимально допустимые значения RL , дБ, для канала и стационарной линии классов С, D, E, F.

Частота, МГц	Минимально допустимые значения RL , дБ			
	Класс С	Класс D	Класс E	Класс F
16	15,0 / 15,0	17,0 / 19,0	18,0 / 20,0	18,0 / 20,0
100	.....	10,0 / 12,0	12,0 / 14,0	12,0 / 14,0
250	.....	.....	8,0 / 10,0	8,0 / 10,0
600	.....	.....	.....	8,0 / 10,0

Примечание: В табл. 3.3 – 3.14 в числителе указаны значения для канала, а в знаменателе – для стационарной линии.

Как видно из таблицы, требования стандарта к каналу несколько ниже, чем к стационарной линии, поскольку она всегда короче. Также и с частотой: чем она выше, тем ниже требования стандарта к каналу, т. к. согласовать тракт на высоких частотах труднее. Параметр RL является частотно-зависимым и поэтому требования стандарта должны удовлетворяться на любой частоте в диапазоне рабочих частот соответствующего класса.

При подаче на вход канала или линии импульса напряжения с амплитудой U_o на ее выходе появляется импульс с меньшей амплитудой U_{IL} (рис.3.10). Уменьшение амплитуды импульса на выходе возникает как из-за тепловых потерь в проводниках и изоляции, так и из-за отражений в местах отклонения волнового сопротивления от номинального значения. Первоначально в стандартах для оценки этого явления использовался термин “затухание” - α , который учитывает лишь одну причину уменьшения амплитуды импульса – тепловые потери и не отражает другую – отражение импульса на неоднородностях волнового сопротивления тракта.

В дальнейшем уменьшение амплитуды сигналов за счет тепловых потерь и отражений на неоднородностях волнового сопротивления тракта стали характеризовать параметром - IL (вносимые потери). Параметр IL полнее характеризует свойства тракта и, в конечном итоге, именно он влияет на работоспособность активного оборудования. Поэтому параметр IL применяется при расчетах таких параметров, как ACR и ELFEXT. В то же время термин “затухание”- α сохранился и традиционно используется для описания ряда других параметров.

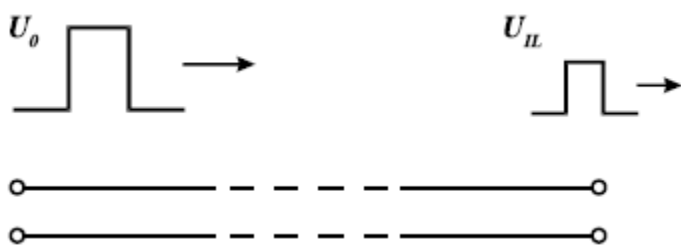


Рис. 3.10. Уменьшение амплитуды импульса в тракте.

Значение параметра IL определяется по формуле:

$$IL = 20 \lg(U_{\text{л}}/U_o) \quad (3.6.)$$

где $U_{\text{л}}$ - амплитуда импульса напряжения на выходе линии,
 U_o - амплитуда импульса напряжения на входе линии.

Параметр IL нормируется для всех классов. В табл. 3.4 приведены максимально допустимые значения параметра IL для каналов и стационарных линий всех классов на граничных частотах. Как видно, требования к каналу ниже, чем к линии и снижаются с ростом частоты.

Таблица 3.4. Максимально допустимые значения потерь ввода IL , дБ, для каналов и линий всех классов на граничных частота

Частота, МГц	Максимально допустимые значения IL , дБ					
	Класс А	Класс В	Класс С	Класс D	Класс Е	Класс F
0,1	16,0/16,0	5,5/5,5	-----	-----	-----	-----
1,0	-----	5,8/5,8	4,2/4,0	4,0/4,0	4,0/4,0	4,0/4,0
16,0	-----	-----	14,4/12,2	9,1/7,7	8,3/7,1	8,1/6,9
100	-----	-----	-----	24,0/20,4	21,1/18,5	20,8/17,7
250	-----	-----	-----	-----	35,9/16,0	33,8/28,8
600	-----	-----	-----	-----	-----	54,6/46,6

Интенсивность обратного отражения электромагнитных волн в местах неоднородности волнового сопротивления характеризуется параметром SRL (структурные возвратные потери), который определяется как отношение мощности основного сигнала к мощности обратного потока энергии. Чем выше значение SRL , тем меньшую мощность имеет обратный поток и тем выше качество передачи сигналов.

Параметр SRL нормируется в логарифмических единицах и указывается на длину кабеля 100 м. В табл.3.5 приведены минимально допустимые значения параметра SRL для различных категорий кабеля с волновым сопротивлением 100 и 120 Ом согласно стандарта ISO/IEC 11801.

Таблица 3.5. Допустимые значения структурных возвратных потерь SRL для кабелей категорий 3, 4, 5.

Частота, МГц	Категория3	Категория4	Категория5
1-10	12	21	23
10-16	10	19	23
16-20	-	18	23
20-100	-	-	$23 - 10 \lg(f/20)$

Примечание: частота f имеет размерность - МГц.

3.3.3. Параметры влияния

Взаимные влияния между цепями в кабеле характеризуются переходным затуханием, которое определяется как разность между уровнями передаваемого сигнала и создаваемой ими помехи в соседней цепи (паре). Если источник сигнала и точка измерения находятся на одном конце взаимодействующих цепей, то говорят о переходном затухании на ближнем (*NEXT*), если точка измерения находится на дальнем – то о переходном затухании на дальнем (*FEXT*) концах.

В технике СКС термины *NEXT* и *FEXT* заимствованы из английской технической литературы, в нашей терминологии это соответствует обозначениям A_0 и A_I .

Переходное затухание на ближнем конце характеризует восприимчивость цепи (пары) к помехам, обусловленным существованием сигналов в соседних цепях (парах). Эффект переходного затухания проявляется в том, что при подаче импульса на вход одной пары, на входе другой пары на этом же конце кабеля также появляется импульс (рис.3.11).

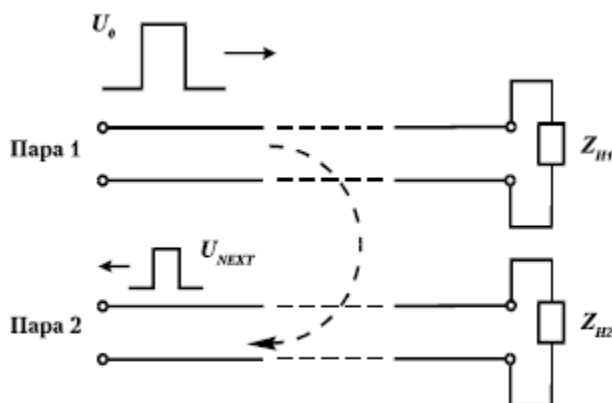


Рис.3.11. Переходное затухание на ближнем конце в тракте передачи сигналов.

Определяется переходное затухание на ближнем конце как отношение сигнала, наведенного на ближнем конце одной пары к сигналу, подаваемому на другую пару, по формуле

$$NEXT = 20 \lg(U_{NEXT}/ U_o) , (3.7)$$

где U_{NEXT} – амплитуда импульса, наведенного на ближнем конце пары, подверженной влиянию; U_o - амплитуда импульса, на входе влияющей пары.

Чем выше значение $NEXT$, тем меньше влияние между двумя парами. Большее значение $NEXT$ достигается за счет лучшей сбалансированности пар в кабеле.

Параметр $NEXT$ не зависит от длины кабеля, измерения значений его проводят с обеих сторон линии. В тоже время величина $NEXT$ является частотно-зависимой (по мере увеличения частоты она уменьшается) и поэтому ее необходимо измерять во всем рабочем диапазоне частот приложения. В многопарном кабеле измерения производятся для всех комбинаций пар.

В соответствии со стандартом TIA/EIA 568A минимальное значение переходного затухания на ближнем конце между цепями кабеля СКС на строительной длине 100м на частотах свыше 0,772 МГц рассчитывается по формуле

$$NEXT(f) = NEXT(0,772) - 15 \lg(f / 0,772), (3.8)$$

где $NEXT(0,772)$ – минимально допустимое переходное затухание на ближнем конце на частоте 0,772 МГц, которое для кабелей категории 3, 4, 5 принимается равным 43, 58 и 64 дБ соответственно; f – частота сигнала, МГц.

Параметр $NEXT$ специфицирован для всех классов. В табл. 3.6 приведены минимально допустимые значения $NEXT$, дБ, для канала и стационарной линии всех классов на их граничных частотах.

Таблица 3.6. Минимально допустимые значения $NEXT$, дБ, для канала и стационарной линии всех классов

Частота, МГц	Максимально допустимые значения $NEXT$, дБ					
	Класс А	Класс В	Класс С	Класс D	Класс Е	Класс F
0,1	27,0/27,0	40,0/40,0	-----	-----	-----	-----
1,0	-----	25,0/25,0	39,0/40,1	60,0/60,0	65,0/65,0	65,0/65,0
16,0	-----	-----	19,4/21,1	43,6/45,2	53,2/54,6	65,0/65,0
100	-----	-----	-----	30,1/32,3	39,9/41,8	62,9/65,0
250	-----	-----	-----	-----	33,1/35,3	56,9/60,4
600	-----	-----	-----	-----	-----	51,2/54,7

Кабель считается соответствующим требованиям стандарта, если во всём рабочем частотном диапазоне реальная величина $NEXT$ не ниже значения, определённого нормами.

Для оценки степени влияния между парами в кабелях СКС при одновременной передаче данных по нескольким витым парам вводится параметр, учитывающий суммарное переходное затухание на ближнем конце $-PSNEXT$. Параметр $PSNEXT$ характеризует помеху на одной паре от всех остальных пар, работающих одновременно. Это особенно важно для таких технологий, как Gigabit Ethernet и аналогичных им.

Непосредственно параметр $PSNEXT$ не измеряется, а вычисляется по измеренным значениям параметра $NEXT$ для каждого сочетания пар по формуле:

$$PSNEXT(k) = -10 \lg \sum_{j=1, j \neq k}^n 10^{-0,1NEXT(i,k)}, \quad (3.9)$$

Где n – число пар; $PSNEXT(k)$ – параметр, подверженной влиянию пары k ; $NEXT(i,k)$ – параметр $NEXT$ для влияющей пары i и подверженной влиянию пары k .

Параметр $PSNEXT$ специфицирован только для классов D, E, F и определяется на обоих концах тракта. В табл. 3.7 приведены минимально допустимые значения $PSNEXT$ для канала и стационарной линии на граничных частотах.

Таблица 3.7 Минимально допустимые значения $PSNEXT$ для канала и стационарной линии на граничных частотах классов D, E и F

Частота, МГц	Минимально допустимые значения $PSNEXT$, дБ		
	Класс D	Класс E	Класс F
1	57,0/57,0	62,0/62,0	62,0/62,0
16	40,6/42,2	50,6/52,2	62,0/62,0
100	27,1/29,3	37,1/39,3	59,9/62,0
250	-----	30,2/62,0	53,9/57,4
600	-----	-----	48,2/51,7

Как видно, требования к стационарной линии более жесткие, чем к каналу, и тем жестче, чем выше класс тракта.

Воздействие одной пары на другую на дальнем конце принято рассматривать как переходное затухание на дальнем конце – $FEXT$. Переходное затухание на дальнем конце характеризует восприимчивость линии (пары) к помехам на дальнем конце, обусловленным существованием сигналов в соседней линии (паре) (рис. 3.12). Определяется $FEXT$ по формуле:

$$FEXT = 20 \lg(U_{FEXT}/U_o), \quad (3.10)$$

где U_{FEXT} – амплитуда импульса, наведенного на дальнем конце пары, подверженной влиянию; U_o - амплитуда импульса, на входе влияющей пары.

Параметр FEXT зависит от длины кабеля, с увеличением длины его значение уменьшается.

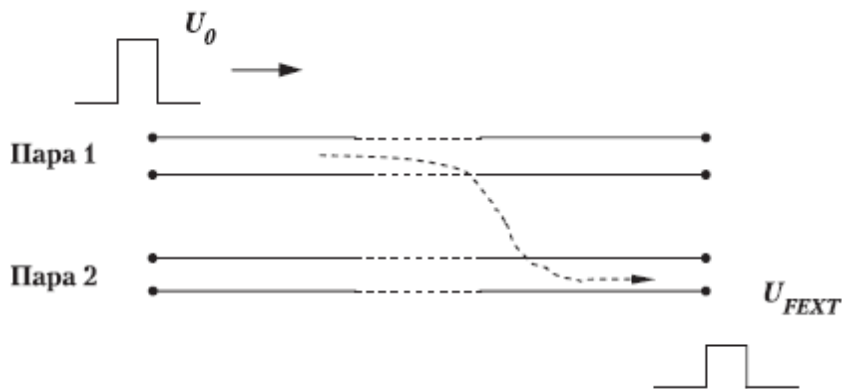


Рис. 3.12.Переходное затухание на дальнем конце тракта передачи сигнала.

Параметр $FEXT$ не измеряется на развернутой и эксплуатируемой СКС, а используется для определения других параметров тракта на дальнем конце.

“Суммарное” значение переходного затухания на дальнем конце, $PSFEXT$, учитывает взаимное влияние всех пар на одну при их одновременной работе и вычисляется по формуле:

$$PSFEXT(k) = -10 \lg \sum_{j=1, j \neq k}^n 10^{-0,1FEXT(i,k)} \quad (3.11)$$

Где n - число пар, $PSFEXT(k)$ – “суммарный параметр “подверженной влиянию пары k , i –номер влияющей пары, k – номер подверженной влиянию пары, $FEXT(i,k)$ – параметр $FEXT$, обусловленный воздействием пары i на пару k .

В технике проводной связи, как известно, для оценки качества передаваемой информации используется параметр защищенности от помех или просто защищенность, которая представляет собой разность между уровнями полезного сигнала и помехи в рассматриваемой точке

$$A_3 = P_c - P_n. \quad (3.12)$$

В терминологии СКС для оценки защищенности в любой точке трактов передачи принята аббревиатура ACR .

Рассмотрим рис. 3.13 , на котором изображены две цепи, по которым одновременно передаются сигналы: в цепи 1 слева направо, в цепи 2 – справа налево.

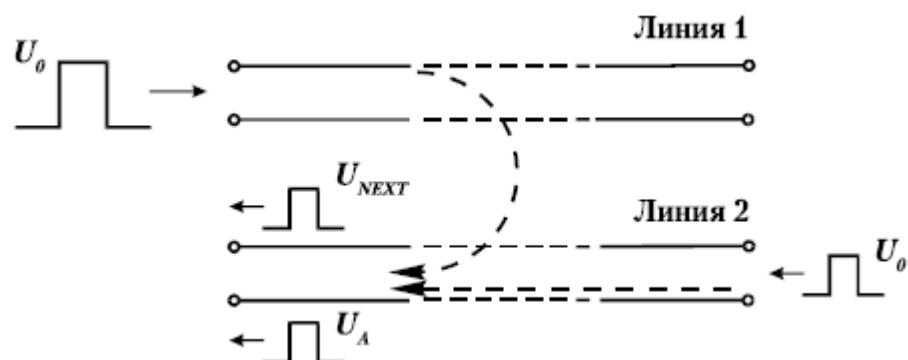


Рис. 3.13. К выводу формулы для ACR .

Как видно, на ближнем конце присутствуют два импульса: импульс U_A , обусловленный затуханием в линии 2, и импульс с амплитудой U_{NEXT} , обусловленный переходным затуханием между линиями 1 и 2. Определив амплитуды U_A и U_{NEXT} на ближнем конце цепи 2, подверженной влиянию, при встречной передаче сигнала, после несложных преобразований можно показать, что значение защищенности от переходной помехи на ближнем конце цепи при встречной передаче сигнала применительно к кабелям СКС в соответствии с вышеприведенным выражением, записывается как разность параметров $NEXT$ и α :

$$ACR = NEXT - \alpha, (3.13.)$$

Соотношение переходного затухания $NEXT$ и затухания α в (3.13.) характеризует отношение “сигнал/ помеха” на приемном конце линии. При этом “сигналом” считается только пришедший по линии и ослабленный за счет затухания и отражения в линии импульс, а “помехой” – только импульс, наведенный от соседней линии при условии, что она передает такой же по амплитуде импульс, как и предыдущая, но в противоположном направлении.

Параметр ACR определяет величину превышения помехи полезным сигналом и поэтому является интегральной характеристикой качества как самого кабеля из витых пар, так и любого тракта передачи на его основе.

Эффект одновременного влияния на качество линии СКС обоих параметров (затухания α и переходного затухания на ближнем конце $NEXT$) иллюстрирует рис. 3.14, на котором изображены их частотные зависимости. Как видно, с ростом частоты их значения меняются в противоположном направлении. Поэтому сам параметр ACR является также частотно-зависимым, с увеличением его значения растет качество передачи сигнала. Заштрихованные области параметра α и $NEXT$, являются допускаемыми стандартом.

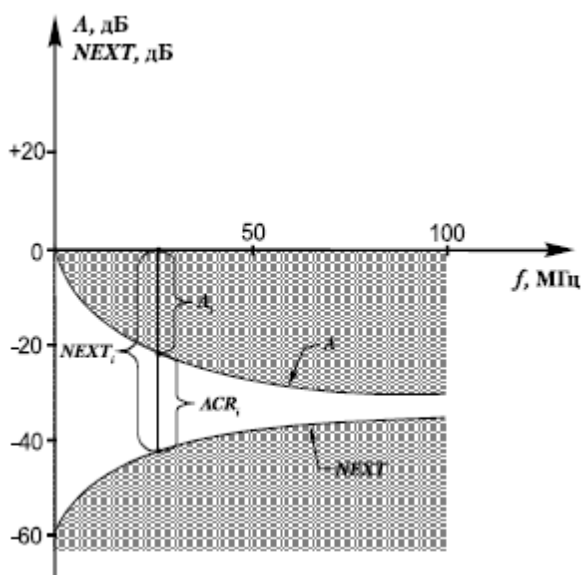


Рис.3.14. Зависимости параметра α и $NEXT$ от частоты для тракта передачи сигналов в СКС.

Из рис. 3.14 видно, что, если установлены максимально допустимое A и минимально допустимое $NEXT$, то, тем самым, установлено минимально допустимое значение параметра ACR . Таким образом, незаштрихованная область показывает минимально допустимые значения параметра ACR во всем частотном диапазоне. По мере увеличения величины ACR начинает возрастать отношение сигнал/помеха и соответственно растет устойчивость и качество передачи сигналов. Кабели обеспечивают устойчивую работу, если минимальное значение параметра ACR составляет 10 дБ.

На практике же параметр ACR определяется через параметры $NEXT$ и IL , т. е. учитывается не только затухание, но и отражение мощности сигнала в местах неоднородностей линии или тракта передачи:

$$ACR(i, k) = NEXT(i, k) - IL(k), (3.14.)$$

где i - номер влияющей пары, k -номер подверженной влиянию пары, $NEXT(i, k)$ – параметр $NEXT$, обусловленный воздействием пары i на пару k , $IL(k)$ – параметр IL для пары k .

Параметр ACR специфицируется только для классов D, E, F и измеряется на обоих концах тракта. В табл. 3.8 приведены минимально допустимые значения ACR для канала и станционной линии.

Таблица 3.8. Минимально допустимые значения ACR для канала и станционной линии классов D, E, F на граничных частотах классов.

Частота, МГц	Минимально допустимые значения ACR , дБ		
	Класс D	Класс E	Класс F

1	56,0 / 56,0	61,0 / 61,0	61,0 / 61,0
16	34,5 / 37,5	44,9 / 47,5	56,9 / 58,1
100	6,1 / 11,9	18,2 / 23,3	42,1 / 47,3
250	-----	-2,8 / 4,7	23,1 / 31,6
600	-----	-----	-3,4 / 581

Из табл. 3.8. следует, что требования стандарта к *ACR* более жесткие для более высоких классов и более жесткие для линии, чем для канала. С ростом частоты требования снижаются. В каналах классов E и F на верхних граничных частотах происходит изменение знака *ACR*. Это означает, что на указанных высоких частотах при одновременной работе всех пар трудно избавиться от их взаимного влияния и соответствующая аппаратура должна работать при отношениях “сигнал/ помеха”, меньших единицы.

На практике, при заданной длине конкретного кабеля и определенном числе конкретных соединений в тракте, нет реальных возможностей повлиять на параметр *IL*, поэтому приемлемых значений *ACR* можно добиться, только улучшая параметр *NEXT*. Это достигается улучшением качества монтажа витых пар.

Как было показано ранее, параметр *ACR* характеризует отношение “сигнал/помеха” на ближнем конце тракта при воздействии лишь одной пары на другую. При одновременной работе всех пар необходимо учесть влияние всех работающих пар на одну конкретную. Это делается с использованием “суммарного” параметра *PSNEXT* для этой пары и параметра *IL* для нее. Для этого вводится “суммарный” параметр *PSACR*, определяемый по формуле:

$$PSACR(k) = PSNEXT(k) - IL(k), (3.15.)$$

где k – номер влияющей пары, $PSNEXT(k)$ – “суммарный” параметр пары k , $IL(k)$ – потери ввода пары k .

Минимально допустимые стандартом значения параметра *PSACR* для канала и стационарной линии классов D,E,F на верхних граничных частотах приведены в табл. 3. 9.

Таблица 3. 9.

Минимально допустимые стандартом значения параметра *PSACR* для канала и стационарной линии классов D,E,F на верхних граничных частотах

Частота, МГц	Минимально допустимые значения <i>PSACR</i> , дБ		
	Класс D	Класс E	Класс F
1	53,0 / 53,0	58,0 / 58,0	58,0 / 58,0
16	31,5 / 34,5	42,3 / 45,1	53,9 / 55,1
100	3,1 / 8,9	15,4 / 20,8	39,1 / 44,3
250	-----	-5,8 / 2,0	20,1 / 28,6

600	-----	-----	-6,4 / 5,1
-----	-------	-------	------------

Так же, как и ACR , параметр $PSACR$ должен удовлетворять требованиям на обоих концах тракта. Непосредственно он не измеряется, а вычисляется по вышеприведенной формуле.

При передаче сигналов по каналу или линии в полнодуплексном режиме, т.е. когда по каждой паре одновременно осуществляется передача и прием сигналов, необходимо обеспечить определенное соотношение “сигнал/помеха” не только на ближнем конце (параметр ACR), но и на дальнем конце тракта.

Для оценки соотношения сигнал помеха на дальнем конце тракта вводится параметр нормированного переходного затухания на дальнем конце $ELFEXT$ (эквивалентный уровень переходного затухания на дальнем конце). При этом предполагается, что уровни взаимного влияния пары на пару одинаковы, т.е. значения $FEXT(i,k)$ и $FEXT(k,i)$ равны друг другу.

Параметр $ELFEXT$ на дальнем конце тракта аналогичен параметру ACR на его ближнем конце и определяется соотношением:

$$ELFEXT(i, k) = FEXT(i, k) - IL(k), \quad (3.16.)$$

где i – номер влияющей пары, k – номер подверженной влиянию пары, $IL(k)$ – потери ввода подверженной влиянию пары.

Минимально допустимые стандартом значения $ELFEXT$ для канала и стационарной линии классов D, E, F на верхних граничных частотах приведены в табл.3.10. Параметр $ELFEXT$ определяется на обоих концах тракта.

Таблица 3.10.

Минимально допустимые стандартом значения $ELFEXT$ для канала и стационарной линии классов D, E, F на верхних граничных частотах

Частота, МГц	Минимально допустимые значения, $ELFEXT$, дБ		
	Класс D	Класс E	Класс F
1	57,4 / 58,6	63,3 / 64,2	65,0 / 65,0
16	33,3 / 34,5	39,2 / 40,1	57,5 / 59,3
100	17,4 / 18,6	23,3 / 24,2	44,4 / 46,0
250	-----	15,3 / 2,0	37,8 / 39,2
600	-----	-----	31,3 / 32,6

Аналогично параметру $PSACR$ на ближнем конце для дальнего конца тракта вводится “суммарный” параметр $PSELFEXT$, учитывающий взаимное влияние пар при наличии сигналов во всех парах одновременно. Он вычисляется для отдельной пары по формуле

$$PSELFEXT_k = -10 \lg \sum_{i=1, j \neq k}^n 10^{\frac{-ELFEXT_{ik}}{10}} \quad (3.17)$$

где i – номер влияющей пары, k – номер подверженной влиянию пары, $ELFEXT_{ik}$ – параметр, обусловленный воздействием пары i на пару k .

В табл. 3.11 приведены минимально допустимые стандартные значения $PSELFEXT$ для канала и стационарной линии классов D, E, F на верхних граничных частотах.

Таблица 3.11.

Минимально допустимые стандартные значения $PSELFEXT$ для канала и стационарной линии классов D, E, F на верхних граничных частотах

Частота, МГц	Минимально допустимые значения, $PSELFEXT$, дБ		
	Класс D	Класс E	Класс F
1	54,4 / 55,6	60,3 / 61,2	62,0 / 62,0
16	30,3 / 31,5	36,2 / 37,1	54,5 / 56,3
100	14,4 / 15,6	20,3 / 21,2	41,4 / 43,0
250	-----	12,3 / 13,3	34,8 / 36,2
600	-----	-----	28,3 / 29,6

Качество передачи сигналов по симметричным трактам СКС зависит не только от взаимных влияний между витыми парами в кабеле, но и от внешних источников помех.

Основными видами внешних помех являются:

- радиопомехи и электромагнитные шумы, основными источниками которых являются сотовые телефоны, передатчики систем радиовещания и телевидения, источники питания с высокочастотным преобразованием;
- сильные электромагнитных поля, основными источниками которой являются электромоторы, стартеры флуоресцентных ламп, силовые кабели (сети переменного тока) и атмосферные явления, включая разряды молнии.

Методы борьбы с помехами и эффективность подавления внешних помех обеспечивается следующими приемами:

- высокой степенью симметрии витой пары;
- обеспечением целостности экранов кабеля;
- высококачественным заземлением экрана;
- увеличением расстояния между кабелем и источником помехи;
- ограничением длины взаимодействия с источником помех.

Указанные приемы независимы друг от друга и могут применяться совместно.

При проектировании и строительстве СКС следует строго выдерживать минимальные расстояния кабеля от источников помех. В частности,

требования ПУЭ запрещает прокладывать силовую и информационную проводки в одном и том же кабельном канале. В отдельных случаях ПУЭ разрешает вести силовые и информационные кабели в одном канале, при условии наличия в нём разделительной перегородки. При этом сила тока в сети не должна превышать 20 А при напряжении 220 В. Из указанного ограничения вытекает целесообразность, применение для энергоснабжения рабочих станций ЛВС отдельной “чистой” сети.

В заключение следует отметить, что стандарты не предусматривают специальных требований к уровню шума, наведённого внешним электромагнитным излучением.

3.3.4. Скорость распространения и задержка сигнала

Мерой замедления скорости распространения электромагнитных волн вдоль “витой” пары является параметр NVP (номинальная скорость распространения). Он численно равен отношению фактической скорости распространения к скорости света в вакууме и выражается в процентах или в виде десятичной дроби, например 65% или 0,65.

Конечная скорость распространения электромагнитной волны по витой паре вызывает задержку поступления сигнала в приемник после его подачи на вход линии, значение которой прямо связано с параметром NVP и является частотно-зависимой величиной.

Необходимость учета параметра NVP связана с тем, что конечная скорость распространения приводит к появлению довольно значительной задержки прохождения сигналов, что может оказаться критичным для некоторых приложений, например для сетей FastEthernet. Величина NVP витой пары в общем случае зависит от диаметра проводников, расстояния между ними и типа диэлектрика. Определяющим является материал изоляции. Например, для проводников с полиэтиленовой изоляцией на частотах свыше 10 МГц параметр NVP составляет 0,65...0,7, с изоляцией из тефлона – 0,69...0,73, а применение поливинилхлоридных материалов уменьшает его значение до 0,60...0,64.

При значении NVP в диапазоне 0,60...0,75 время прохождения сигнала для участка линии 100м составляет 370...550 мс.

В табл.3.12 приведены общие требования к величине NVP для кабелей СКС различных категорий.

Частота, МГц	Категория 3	Категория 4	Категория 5
1,0	0,4	0,6	0,65
10,0	0,6	0,6	0,65

100,0	-	-	0,65
-------	---	---	------

Табл.
3.12

общие требования к величине NVP

Искажения времени задержки в линии возникают вследствие резких изменений ее входного сопротивления в местах стыка, а также чрезмерного изгиба кабеля, из-за чего появляются отраженные сигналы. Указанные эффекты особенно заметны на высоких частотах. Для правильной работы аппаратуры, в которой используется одновременная передача сигналов по всем парам 4-х парного тракта, необходимо обеспечить не только минимальные задержки, но и равенство задержек во всех парах.

Для оценки качества трактов в смысле “временной симметрии” вводятся два параметра: задержка распространения сигнала по паре PD и перекося задержек в парах DS . Под перекосям в 4-х парном тракте понимают разность между максимальным и минимальным значением задержки из четырех измеренных.

Задержка сигнала специфицируется для всех классов каналов и стационарных линий, а перекося задержек – только для классов С, D, E, F.

Требования стандарта к задержке в трактах на верхних граничных частотах классов приведены в табл. 3.13, а требования к перекося задержек – в табл.3.14.

Таблица 3.13.

Максимально допустимые значения задержки PD для канала и стационарной линии на граничных частотах классов.

Частота, МГц	Максимально допустимые значения PD , нс					
	Класс А	Класс В	Класс С	Класс D	Класс E	Класс F
0,1	20000/19400	5000/4400	.....	-----	-----	-----
1,0	-----	5000/4400	580/521	580/521	580/521	580/521
16,0	-----	-----	553/496	553/496	553/496	553/496
100	-----	-----	-----	548/491	548/491	548/491
250	-----	-----	-----	-----	546/490	546/490
600	-----	-----	-----	-----	-----	545/489

Таблица 3.14.

Максимально допустимый “ перекося задержек” DS для канала и стационарной линии

Класс	Частота, МГц	$DS_{\text{макс}}$, нс
С	1-16	50 /44
D	1 - 100	50 /44
E	1 - 250	50 /44
F	1 -600	30 /26

Заканчивая рассмотрение параметров передачи и влияния симметричных цепей типа “витая” пара отметим следующее:

- в таблицах 3.3 - 3.14 приведены значения параметров лишь для одного значения частоты;
- все параметры являются частотно-зависимыми величинами, поэтому для определения требований стандарта к конкретному параметру на конкретной частоте необходимо провести вычисления по соответствующим формулам.

3.3.5. Характеристики каналов и стационарных линий на постоянном токе.

Для нормальной работы определенных инженерных систем, подключенных к СКС, существенное значение имеют не только частотные электромагнитные характеристики тракта передачи сигналов, но и характеристики тракта по постоянному току.

Стандартом специфицируются следующие параметры тракта передачи по постоянному току:

- сопротивление шлейфа постоянному току;
- омическая асимметрия проводников витой пары;
- допустимое значение постоянного тока в проводнике витой пары;
- допустимое рабочее напряжение постоянного тока между проводниками;
- допустимая мощность постоянного тока в одной паре.

Требования стандарта к значениям указанных параметров по постоянному току для канала и стационарной линии приведены в табл. 3.15.

Таблица 3.15.

Требования стандарта к каналам и стационарным линиям по постоянному току

Параметр	Класс	Канал	Стационарная линия
Сопротивление петли постоянному току, Ом, не более	A	360	530
	B	170	140
	C	40	34
	D	25	21
	E	25	21
	F	25	21
Разбаланс проводниковой пары по сопротивлению постоянному току, %, не более	Все классы	3	3

Допустимое значение постоянного тока в проводнике пары, А, не менее	D, E, F	0,175	Соответствует каналу
Допустимое рабочее напряжение постоянного тока между проводниками, В, не менее	D, E, F	72	Соответствует каналу
Допустимая мощность постоянного тока в одной паре DCPC, Вт, не менее	D, E, F	10	Соответствует каналу

3.3.6. Электрические характеристики горизонтального кабеля.

Основными электрическими параметрами горизонтального кабеля, нормируемыми действующими редакциями стандартов, являются:

- затухание;
- переходное затухание на ближнем конце (*NEXT*);
- волновое сопротивление;
- сопротивление постоянному току;
- *NVP*.

Требования стандарта TIA/EIA-568-A к максимально допустимому значению затухания любой пары горизонтальных кабелей категорий 3, 4 и 5 при температуре +20 °С на строительную длину 100 м приведены в табл. 3.16, переходного затухания на ближнем конце (*NEXT*) в табл. 3.17.

Таблица 3.16.
Значения затухания цепей горизонтальных кабелей СКС.

Частота, МГц	Затухание рабочих пар кабеля СКС, не более дБ/100		
	Категория 3	Категория 4	Категория 5
0,772	2,2	1,9	1,8
1,0	2,6	2,2	2,0
4,0	5,6	4,3	4,1
10	9,7	6,9	6,5
16	13,1	8,9	8,2
20	-	10,0	9,3
31,25	-	-	11,7
62,5	-	-	17,0
100	-	-	22,0

Если тестирование проводится при температуре выше 20°C, то приведенные в таблице значения для категории 4 и 5 должны быть увеличены на 0,4% на каждый градус превышения, а для кабелей категории 3 - на 1,5%.

Таблица 3.17. Минимально допустимое *NEXT* для любой комбинации витых пар горизонтальных кабелей категорий 3, 4 и 5.

Частота, МГц	Переходное затухание на ближнем конце (<i>NEXT</i>), дБ		
	Категория 3	Категория 4	Категория 5
0,772	43	58	64
1,0	41	56	62
4,0	32	47	53
10,0	26	41	47
16	23	38	44
20	-	36	42
31,5	-	-	40
62,5	-	-	35
100	-	-	32

Требования стандартов к остальным электрическим характеристикам витых пар горизонтальных кабелей представлены в табл. 3.20.

Таблица 3.20.

Электрическим характеристикам витых пар горизонтальных кабелей

Параметр	Значение
Волновое сопротивление на частотах более 1 МГц	100 + 15% Ом
Максимальное сопротивление постоянному току короткозамкнутой на дальнем конце пары длиной 100 м при 20 °С	19,2 Ом
Асимметрия сопротивлений постоянному току проводников пары	5 %
Максимальная емкость дисбаланса пары на землю при 100 м, 1 кГц, 20 °С	330 пФ
Минимальное сопротивление изоляции проводник-проводник или проводник-	150 МОм x км

экран по постоянному току	
Пробивная стойкость изоляции проводник-проводник или проводник-экран по постоянному напряжению	1 кВ, 1 мин. или 2,5 кВ, 2 с.
Пробивная стойкость изоляции проводник-проводник или проводник-экран по переменному напряжению	0,7 кВ, 1 мин. или 1,7 кВ, 2с.

Указанные значения параметров справедливы и одинаковы для кабелей категорий 3, 4 и 5.

4. Оптическая среда для передачи сигналов в СКС.

В качестве оптической среды передачи сигналов в СКС используются волоконно-оптические кабели. В общем случае, на их основе могут быть реализованы все три подсистемы СКС, хотя в горизонтальной подсистеме оптические кабели пока находят ограниченное применение. В подсистеме внутренних магистралей оптические кабели применяются одинаково часто с кабелями из витых пар, а в подсистеме внешних магистралей они играют доминирующую роль.

4.1. Волоконные световоды для оптических кабелей СКС.

В основе волоконно-оптического кабеля лежит оптическое кварцевое волокно, по которому осуществляется передача светового сигнала с большой скоростью на большие расстояния по сравнению с кабелями на основе “витой пары”.

Конструктивно оптическое волокно представляет собой стеклянный цилиндрический стержень из химически чистого кварца SiO_2 с определенными присадками. Стержень состоит из трех концентрических слоев: сердцевины, оболочки и защитного покрытия (рис.4.1).

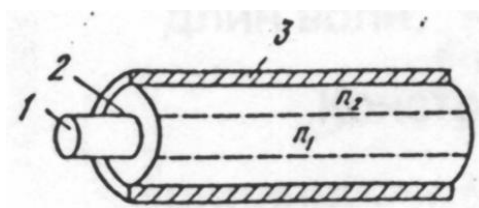


Рис. 4.1. Конструкция ОВ: 1 - сердцевина;
2 - оболочка; 3 - защитное покрытие

Сердцевина и оболочка ОВ характеризуются определенным значением показателя преломления: сердцевина – n_1 ; оболочка – n_2 . Для обеспечения направляющих свойств ОВ необходимо, чтобы выполнялось условие $n_1 > n_2$.

Защитное покрытие предназначено для защиты оболочки и сердцевины от механических повреждений. В конструкциях ОВ используются различные покрытия. Так, сразу же после вытяжки ОВ на него наносится первичное защитное покрытие, обычно из акрила, толщиной 5 – 10 мкм. Затем наносится вторичное защитное покрытие толщиной 200 – 300 мкм из материала с высокими механическими характеристиками и влагостойкостью.

ОВ классифицируются по типу распространяющегося излучения, по типу профиля преломления и по материалу сердцевины и оболочки.

По числу распространяющихся в ОВ волн они классифицируются на одномодовые и многомодовые. По одномодовому оптическому волокну передается одна мода, а по многомодовому – большое число мод. Главное их отличие – размерные показатели. В одномодовых волокнах диаметр сердцевины изменяется в пределах 7...9 мкм. В многомодовых волокнах диаметр сердцевины составляет 50 или 62,5 мкм. Диаметр ОВ по кварцевой оболочке для всех типов волокон составляет 125 ± 1 мкм.

В зависимости от закона изменения профиля показателя преломления многомодовые оптические волокна подразделяются на ступенчатые и градиентные. Сердцевины одномодовых волокон в большинстве случаев изготавливаются со ступенчатым профилем.

На рис. 4.2(а) показаны структура и профиль показателя преломления ступенчатого ОВ. Как видно, сердцевина характеризуется постоянным вдоль радиуса значением показателем преломления n_1 , величина которого на границе раздела “сердцевина – оболочка” скачком изменяется до значения n_2 .

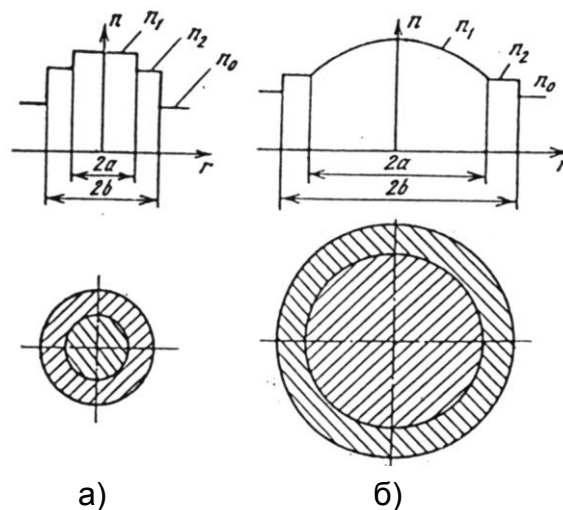


Рис. 4.2. Структура и профиль показателя преломления ОВ:
а) - ступенчатого; б) – градиентного.

В градиентных ОВ (рис.4.2(б)) изменение показателя преломления сердцевинны характеризуется монотонно убывающей функцией от оси волокна к периферии. Вид функции может быть различным. Наиболее распространены ОВ с градиентным профилем изменения показателя преломления.

В зависимости от материала сердцевинны и оболочки ОВ подразделяются на следующие типы: кварцевые, кварц-полимерные, многокомпонентные и полимерные. В волоконно-оптических кабелях связи в основном используются кварцевые ОВ. В кварцевых ОВ сердцевинна и оболочка изготавливаются из высокочистого кварца, обладающего малыми потерями и высокой прозрачностью.

В соответствии с рекомендациями ИТУ-Т для многомодовых ОВ численные значения диаметров сердцевинны и оболочки составляют соответственно 50 и 125 мкм. Размеры ОВ записываются в виде отношения $d_c/d_{об}$ (например, 50/125). Помимо основного типоразмера 50/125 в системах связи также используются многомодовые ОВ с типоразмерами 62,5/125.

Диаметр сердцевинны одномодовых ОВ обычно составляет в зависимости от типа волокна 7 - 9 мкм, а диаметр поверх оболочки для унификации сохраняется равным 125 мкм. Однако следует отметить, что нормируемым параметром в ООВ является не диаметр сердцевинны, а диаметр модового пятна, которое характеризует потери при вводе света в волокно. В зависимости от типа волокна и рабочей длины волны величина модового пятна на 10 - 12% больше диаметра сердцевинны и составляет 8-10 мкм. в зависимости от длины волны.

В конструкциях оптических кабелей используются следующих типы ОВ:

- многомодовое, с диаметром сердцевинны 50 мкм, рекомендация ИТУ-Т G.651 (тип “М”);
- многомодовое, с диаметром сердцевинны 62,5 мкм (тип “В”)
- одномодовое, рекомендация ИТУ-Т G.652.В (тип “Е”);
- одномодовое, рекомендация ИТУ-Т G.652.С, D (тип “А”);
- одномодовое волокно с уменьшенными потерями на изгибах с малыми радиусами, рекомендация ИТУ-Т G.657.

Наиболее широко используемым одномодовым оптическим волокном в телекоммуникациях является стандартное одномодовое волокно с несмещенной дисперсией, классифицируемое стандартом G.652. Этот вид волокна оптимизирован для передачи сигнала на длине волны 1,31 мкм.

Оптическое волокно повышенной гибкости порекомендации ITU-T G.657 в связи с малым уровнем потерь на изгибах, находит широкое применение в оптических кабелях СКС для сетей FTTH многоквартирных зданий, сетях многоэтажных домов, офисов и т.д. Волокно G.657.A по своим оптическим характеристикам полностью идентично стандартному волокну G.652.D и в то же время имеет вдвое меньший допустимый радиус при укладке – 15 мм. Волокно G.657. В применяется на небольших расстояниях и обладает особо малыми потерями на изгибах.

В табл.4.1 приведены основные характеристики и параметры ОВ, используемых в оптических кабелях.

Таблица 4.1.

Параметры оптических волокон

Тип ОВ	Многомодовое		Одномодовое			
	М	В	Е	А	Н	С
Рекомендация МСЭ-Т	G.651	-	G.652B	G.652C(D)	G.655	G.656
Геометрические характеристики						
Диаметр отражающей оболочки, мкм	125 ± 1	125 ± 1	125 ± 1	125 ± 1	125 ± 1	125 ± 1
Диаметр по защитному покрытию, мкм	250 ± 15	250 ± 15	250 ± 15	250 ± 15	250 ± 15	250 ± 15
Некруглость отражающей оболочки, %, не более	1	1	1	1	1	1
Неконцентричность сердцевины, мкм, не более	1,5	1,5	-	-	-	-
Диаметр сердцевины, мкм	50 ± 2,5	62,5 ± 2,5				

Диаметр модового поля, мкм, на длине волны: 1310 нм 1550 нм	- -	- -	$9,2 \pm 0,4$ $10,4 \pm 0,8$	$9,2 \pm 0,4$ $10,4 \pm 0,8$	$9,2 \pm 0,4$	- $7,7 \pm 0,4$
Неконцентричность модового поля, мкм, не более	-	-	0,8	0,5	0,8	0,6
Передаточные характеристики						
Рабочая длина волны, нм	850 и 1300	850 и 1300	1310 и 1550	1275 ÷ 1625	1550	1460 ÷ 1625
Коэффициент затухания ОВ, дБ/км, не более, на длине волны: 850 нм 1300 нм 1310 нм 1383 нм 1460 нм 1550 нм 1625 нм	2,4 0,7 - - - - -	3,0 0,7 - - - - -	- - 0,36 - - 0,22 -	- - 0,36 0,31 - 0,22 -	- - - - - 0,22 0,25	- - - - 0,35 0,23 0,26
Числовая апертура	$0,200 \pm 0,015$	$0,275 \pm 0,015$	-	-	-	-
Ширина полосы пропускания, МГц×км, не менее, на длине волны: 850 нм 1300 нм	400 ÷ 1000 600 ÷ 1500	160 ÷ 300 500 ÷ 1000	- -	- -	- -	- -
Коэффициент хроматической дисперсии пс/(нм×км), не более, в интервале длин волн:	- - - -	- - - -	3,5 - - -	3,5 - - -	- - 2,6 - 6,0	- 2,0 - 8,0 4,0 - 7,0 -

1285÷1330 нм 1460÷1625 нм (G.656) 1530÷1565 нм (G.655) 1565÷1625 нм (G.655) 1525÷1575 нм	-	-	18	18	4,0 - 8,9 -	-
Длина волны нулевой дисперсии, нм	-	-	1300 ÷ 1322	1300 ÷ 1322	-	-
Наклон дисперсионной характеристики в области длины волны нулевой дисперсии, в интервале длин волн, пс/нм ² ×км, не более	0,101	0,097	0,092	0,092	0,05	-
Длина волны отсечки (в кабеле), нм, не более	-	-	1270	1270	1470	1450
Коэффициент поляризационной модовой дисперсии на длине волны 1550 нм, пс/км, не более	-	-	0,2	0,2	0,2	0,1

4.2. Волоконно–оптические кабели СКС.

В самом общем виде волоконно–оптические кабели СКС состоят из оптических волокон, сердечника модульной конструкции или на основе центральной трубки, армирующих и защитных покровов и наружной оболочки.

Кабели СКС наружной прокладки помимо этого содержат внутримодульный

гидрофобный наполнитель, а также гидрофобный наполнитель или водоблокирующие элементы (нити, ленты и т. п.), обеспечивающие заполнение пустот в защитном покрове и межмодульном пространстве. Кабели, предназначенные для прокладки внутри зданий, по коллекторам и тоннелям, имеют наружную оболочку из материала, не распространяющего горение, а все внутриобъектовые кабели изготавливаются с оболочкой, не распространяющей горение, и отличаются от кабелей наружной прокладки отсутствием гидрофобных наполнителей, меньшим диапазоном рабочих температур и ограниченной стойкостью по отношению к внешним воздействиям.

Волоконно-оптические кабели разделяют на типы в соответствии с их конструкцией, которая, в свою очередь, зависит от целей использования кабеля и способов прокладки.

В зависимости от области применения волоконно-оптические кабели СКС подразделяются на три группы:

- кабели внешней(наружной) прокладки;
- кабели внутренней (внутриобъектовой) прокладки;
- кабели для шнуров.

Кабели внешней прокладки в свою очередь в зависимости от целей использования и способов прокладки подразделяются на виды:

- подвесной (с внешним силовым элементом) или кабель типа 8;
- самонесущий;
- для прокладки в грунт;
- для прокладки в кабельной канализации.

Каждый из указанных видов оптического кабеля обладает конструктивными особенностями, которые призваны обеспечить максимальное соответствие его назначению.

Кабели внешней прокладки применяются при построении магистральной подсистемы территории СКС. Основным требованием к их конструкции, наряду с малым затуханием и большой широкополосностью, является высокая механическая прочность к растягивающим и сдвигающим усилиям, а также влагостойкость и широкий диапазон рабочих температур.

Конструкции кабелей внешней прокладки весьма разнообразны, полную совокупность которых можно условно разделить на четыре группы (рис. 4.3).

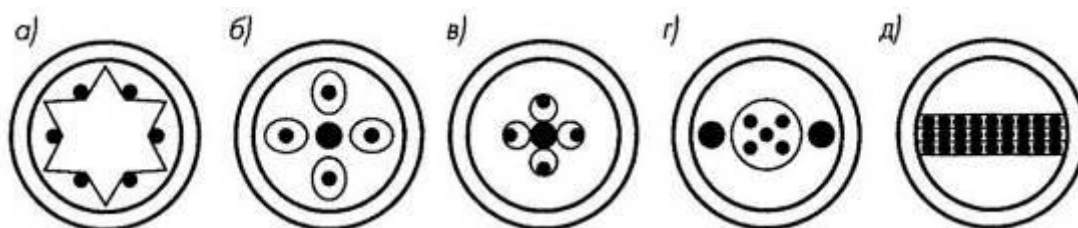


Рис. 4.3. Типовые конструкции сердечников оптических кабелей: а), б) с профилированным сердечником; в) модульная; г) с центральной трубкой; д) ленточная.

Основой кабеля с профилированным сердечником (рис. 4.3 а, б) является фигурный элемент, в пазах или внутренних полостях которого укладываются оптические волокна. Данная конструкция была достаточно широко распространена в 80-х годах. Из-за ограниченной емкости (обычно не более 16 волокон) в настоящее время применяется сравнительно редко.

Кабели модульной конструкции (рис. 4.3в) имеют традиционную повивную скрутку, причем каждый повив собирается из модулей (полиэтиленовых трубок) диаметром около 2 мм, расположенных вокруг центрального силового стержня. В модуле может размещаться от 1 до 12 волокон. Большинство кабелей модульной конструкции, предлагаемых в настоящее время на рынке, имеет одноповивную шестимодульную конструкцию (рис.4.4), несколько реже применяются восьмимодульные варианты. При необходимости увеличения емкости кабеля модули располагают в двух повивах или используют центральный силовой элемент увеличенного диаметра, вокруг которого размещается большее количество модулей.

В настоящее время кабели модульной конструкции занимают доминирующее положение в общем объеме выпуска кабелей внешней прокладки. Это объясняется хорошей защитой волокон от механических и климатических воздействий, а также простотой и удобством разделки и монтажа.

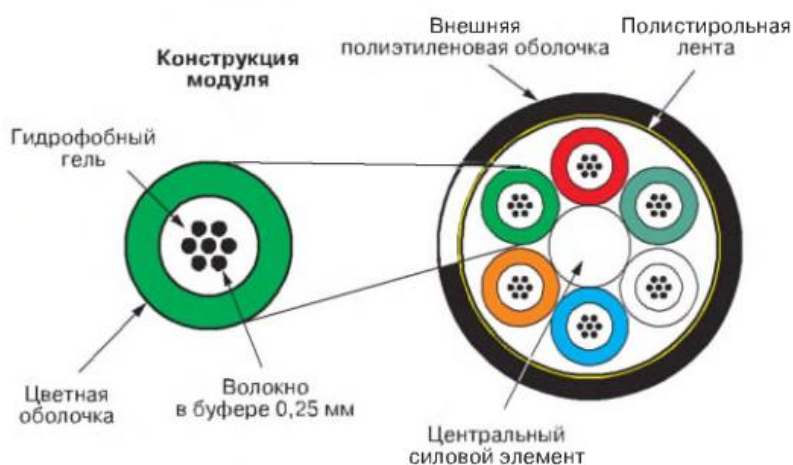


Рис.4.4. Структура оптического кабеля модульной конструкции для внешней прокладки.

В трубчатой конструкции все волокна расположены в единой центральной пластмассовой или металлической трубке (рис. 4.3 в). Такой вариант конструкции кабеля более удобен в разделке, а за счет максимального удаления волокон от внешней поверхности оболочки обеспечивается наилучшая защита от сдавливающих усилий, однако трубчатая конструкция несколько уступает традиционной многомодульной конструкции по рабочему диапазону температур и устойчивости к растяжению.

Наличие профилированного сердечника (рис.4.3 а, б) обеспечивает высокую устойчивость к раздавливающим усилиям, а наличие трубок модулей - удобство работы и повышенную продольную герметичность.

Ленточные кабели (рис. 4.3д) за счет очень плотной компоновки обеспечивают преимущество над конструкциями других типов при большом (несколько сотен и более) количестве волокон и поэтому используются, главным образом, при создании основных магистралей крупных городских телекоммуникационных сетей. Применение этих кабелей для построения СКС в настоящее время нецелесообразно, так как высокая емкость, на которой начинают проявляться их преимущества, в рассматриваемой области пока не требуется, а из-за особенностей конструкции работа по установке разъемов и изготовлении неразъемных соединителей требует сложного и дорогого технологического оборудования и более высокой квалификации монтажников.

Используемые ОВ в кабелях внешней прокладки имеют буферное покрытие с наружным диаметром 250 мкм.

Кабели внешней прокладки подразделяются на следующие виды:

- кабели, содержащие металлические упрочняющие элементы и/или электрические проводники;
- полностью диэлектрические кабели.

Выбор ВОК внешней прокладки для СКС определяется конкретными условиями ее реализации. Так, например, при внешней прокладке кабелей вблизи линий ЛЭП одним из видов используемых ВОК являются оптические кабели, совмещенные с грозовым тросом линий электропередач. В этом случае в центре грозотроса располагается металлическая трубка с ОВ.

По сравнению с ВОК внешней прокладки, к волоконно – оптическим кабелям, предназначенным для прокладки внутри зданий, предъявляются иные требования, в частности меньшая стойкость к климатическим и механическим воздействиям отсутствие защиты ОК от продольного распространения воды. Эти кабели должны быть легкими и гибкими, чтобы можно было их монтировать и прокладывать в ограниченных пространствах стояков и т. п.

Типовое максимальное значение емкости кабелей внутренней прокладки не превышает 12 волокон. В случае необходимости увеличения емкости применяют конструкцию, аналогичную кабелям внешней прокладки модульной конструкции: вокруг центрального элемента, выполняющего функции силовой основы, укладывается несколько (в большинстве случаев шесть, реже двенадцать) обычных кабелей. После этого полученный сердечник закрывается общей внешней защитной оболочкой. Такой прием позволяет увеличить емкость до 144 волокон. При необходимости получения в рассматриваемой конструкции меньшей емкости некоторые из таких “модулей” заменяются упрочняющими прутками и/или заполнителями. Кабели подобной конструкции обычно изготавливаются на заказ.

В табл.4.2 представлены типовые механические и эксплуатационные характеристики современных кабелей внешней и внутренней прокладки

Таблица 4.2.

Типовые механические и эксплуатационные характеристики современных кабелей внешней и внутренней прокладки

№ п/п	Параметр	ОК внешней прокладки	ОК внутренней прокладки
1	Число волокон	4-144	2-36
2	Внешний диаметр кабеля, мм	10-20	5-15
3	Рабочий диапазон температур, С: · монтаж · эксплуатация	-10...+50 -40...+60	0...+30 -20..+70
4	Минимальный радиус изгиба: · прокладка · эксплуатация	20 внешних диаметров 15 внешних диаметров	15 внешних диаметров 10 внешних диаметров
5	Максимально допустимое усилие на растяжение во время монтажа, Н	2500-10000	400-3000

6	Максимально допустимое усилие на сдавливание, Н/см	2000-4000	1500-2000
---	--	-----------	-----------

Кабель для шнуров, который достаточно часто называется миникабелем, предназначен для изготовления из него коммутационных и оконечных шнуров. Он фактически представляет собой кабель внутренней прокладки с одним или двумя ОВ в буферном покрытии диаметром 900 мкм, однако из-за массовой распространенности кабели для шнуров выделены в отдельную группу.



Рис.4.5. Конструкции оптических кабелей для шнуров

4.3. Основные параметры оптических трактов СКС

Передача информации с заданным качеством по оптическим кабельным трактам СКС требует обязательного выполнения определенных условий. Основными параметрами, отвечающими за качество передачи, являются затухание, дисперсия, широкополосность, числовая апертура и конструктивные параметры сердцевины ОВ.

Затухание – это постепенная потеря оптическим сигналом своей энергии в процессе распространения его по волокну. От ее величины зависит максимальная дальность связи между двумя приёмо-передатчиками.

Затухание световой энергии в кабеле обусловлено потерями из-за рассеяния и поглощения света. Эффекты рассеяния и поглощения определяют рабочий диапазон длин волн волоконно-оптической связи.

Практический интерес представляют три окна прозрачности, в которых работают волоконно-оптические системы передачи. Это три длины: 0,85, 1,3 и 1,55 мкм. Характеристики полупроводниковых излучателей и фотоприёмников оптимизированы для работы в этих окнах.

Сетевое оборудование, используемое для построения локальных и корпоративных сетей связи и работающее по многомодовому оптическому кабелю, использует окна прозрачности 0,85 и 1,3 мкм. Поэтому применяемые в СКС волоконно-оптические кабели имеют характеристики затухания и полосы пропускания, оптимизированные именно для этих длин волн. В

табл.4.3 приведены предельно допустимые значения затухания и коэффициента широкополосности многомодовых оптических кабелей СКС.

Таблица 4.3.

Предельно допустимое затухание и коэффициента широкополосности многомодовых оптических кабелей СКС

Длина волны, нм	850		1300	
	TIA/EIA-568-A	ISO/IEC 11801	TIA/EIA-568-A	ISO/IEC 11801
Коэффициент затухания, дБ/км	3,75	3,5	1,05	1,0
Коэффициент широкополосности, МГц/км	160	200	400	500

Сетевое оборудование СКС, работающее по одномодовому оптическому кабелю, использует окна прозрачности 1,3 и 1,55 мкм. При этом характеристики одномодовых оптических кабелей СКС должны соответствовать следующим значениям:

- длина волны нулевой хроматической дисперсии должна находиться в интервале от 1,3 до 1,324 нм при крутизне характеристики дисперсии не выше 0,093 нс/км·нм²;
- диаметр модового поля на длине волны 1,31мкм должен составлять от 8,7 до 10 мкм;
- длина волны отсечки не должна превышать 1,27мкм.

Предельно допустимые значения затухания и дисперсии одномодовых оптических кабелей приведены в табл. 4.4.

Таблица 4.4.

Предельно допустимое затухание и дисперсия одномодовых оптических кабелей

Длина волны, нм	Затухание, дБ/км	Дисперсия, пс/нм*км
1310	≤1,0/0,5	≤3,5
1550	≤1,0/0,3	≤18

Другим параметром, отвечающим за качество передачи, являются дисперсия. Дисперсия – это явление рассеяния во времени спектральных составляющих оптического сигнала (искажение формы импульса) и определяет полосу пропускания световода. Различают два вида дисперсии: хроматическую и межмодовую. Параметр дисперсии имеет размерность пс/(нм*км).

Пропускная способность многомодового волокна оценивается коэффициентом широкополосности, который имеет размерность МГц *км.

4.4. Требования стандартов к волоконно–оптическим кабелям СКС.

Требования к волоконно–оптическим кабелям, используемым в СКС, включают три группы характеристик кабелей:

- требования к оптическим волокнам;
- требования к передаточным характеристикам кабеля;
- требования к физическим характеристикам кабеля.

Для поддержки различных классов приложений стандартом специфицированы четыре типа ОВ: три типа многомодовых волокон – *OM1, OM2, OM3* и один тип одномодового волокна – *OS1*.

В соответствии со стандартом ослабление сигнала в кабелях, используемых в СКС, не должно превышать значений, приведенных в табл. 4.5.

Таблица 4.5.

Максимально допустимое ослабление сигнала в ВОК, дБ/км.

Тип волокна	<i>OM1, OM2, OM3</i>		<i>OS1</i>	
Длина волны, мкм	0,85	1,3	1,31	1,55
Ослабление, дБ/км	3,5	1,5	1,0	1,0

Временная задержка сигналов в ВОК определяется, в соответствии с рекомендацией стандарта, умножением длины кабеля на величину 5,00 нс/м, которая соответствует скорости распространения сигнала, составляющей 0,667 от скорости света в вакууме.

Для многомодовых кабелей требования сводятся к следующим:

1. Оптическое волокно должно:
 - быть многомодовым;
 - иметь градиентный профиль показателя преломления сердцевины;
 - иметь размеры $50 \pm 3 / 125 \pm 2$ мкм или $62,5 \pm 1 / 125 \pm 2$ мкм;
 - иметь числовую апертуру $0,20 \pm 0,02$ или $0,23 \pm 0,02$ для ОВ $50/125$ и $0,275 \pm 0,015$ для ОВ $62,5/125$.

2. Передаточные характеристики волокна в кабеле должны быть такими:

- затухание – в соответствии с табл. 4.3;
- коэффициент широкополосности – в соответствии с табл. 4.6.

Таблица 4.6.

Минимально допустимый стандартом коэффициент широкополосности, МГц, многомодовых ОВ.

Тип источника оптического излучения				Светодиод		Лазерный диод
Длина волны нм				850	1300	850
Тип волокна	ОМ1	Диаметр сердцевины мкм	50 или 625	200	500	Не специфицирован
	ОМ2		50 или 625	500	500	Не специфицирован
	ОМ3		50	1500	500	2000

2. Физические характеристики многомодовых ВОК должны удовлетворять механическим и климатическим спецификациям соответствующих стандартов.

Для одномодовых кабелей требования стандарта сводятся к следующим:

1. Оптоволоконно должно соответствовать требованиям спецификаций ITU-TG.652.

2. Передаточные характеристики должны быть такими:

- по затуханию – как в табл. 4.3;
- критическая длина волны ОВ в кабеле должна быть не более 1,26мкм.

4.5. Требования к волоконно-оптической части СКС

Требования к волоконно-оптической части СКС также как и к электрической части, формируются на основе концепций “канала” и “стационарной линии”, а подходы к нормированию оптической и симметричной подсистем весьма схожи.

Для нормирования градаций пропускной способности многомодовых оптических трактов в соответствии со стандартом ISO/IEC 11801:2002 (E) вводят три класса оптических трактов: *OF-300*, *OF-500* и *OF-2000*. Цифровой индекс в обозначении указывает максимальную длину канала в метрах, на которую канал данного класса гарантированно поддерживает соответствующие приложения.

На уровне оптической подсистемы при построении линий различают категорию волоконных световодов: OM1, OM2, OM3, OM4 (многомодовая техника) и OS1, OS2 (одномодовая техника) с различными значениями коэффициентов широкополосности и затухания. Параметры многомодовых световодов категорий OM3 и OM4 отдельно нормируются для лазерных и светодиодных источников света и указываются для разных длин волн.

Кабели с многомодовыми волокнами категории OM1 62,5/125 мкм уже давно применяются в СКС для обеспечения передачи данных с высокой скоростью и на относительно большие расстояния. Наиболее важными функциональными параметрами указанных волокон является затухание и коэффициент широкополосности. Оба параметра определяются для длин волн 0,85 и 1,3 мкм, на которых работает большая часть активного сетевого оборудования.

Волокно категории OM2 50/125 мкм является специально разработанным многомодовым оптическим волокном для использования на сетях Gigabit и 10 Gigabit Ethernet. Волокно категории OM3 предназначено для обеспечения скорости передачи сигнала 1 Гб/с на расстоянии 800 метров и скорости передачи 10 Гб/с на расстоянии 550 метров. Волокно категории OM4 является результатом дальнейшей оптимизации характеристик волокна OM3 и характеризуется минимальным коэффициентом широкополосности 4700 МГц*км при длине волны 0,85 мкм по сравнению с 2000 МГц*км волокна типа OM3. Посредством волокна категории OM4 50/125 возможна передача данных на большее расстояние: 600 метров для гигабитных и 10-гигабитных приложений. При этом допускается использование данной категории волокна в сетях 40- и 100-гигабитных стандартов. Однако длина кабеля в этом случае сокращается до 100-150 метров.

В настоящее время многомодовое волокно категории OM4 полностью соответствует современным стандартам волокон, предусмотренных для центров обработки данных и групп серверов следующего поколения. В будущем оптическое волокно OM4 может быть использовано для более протяжённых линий в сетях передачи данных нового поколения с высочайшей скоростью передачи информации.

Одномодовые волокна категории OS1 в составе 10-гигабитных систем позволяет осуществлять передачу сигнала на расстояние до 2 км. При помощи волокна категории OS2 передача сигнала может осуществляться на расстояние до 5 км.

Ослабление сигнала в волоконно-оптических каналах специфицировано стандартом при следующих условиях:

- общие потери, обусловленные всеми соединителями в канале, не должны превышать 1,5 дБ;
- ослабление в каналах и стационарных линиях на специфицируемой длине волны не должно превышать суммы специфицированных значений ослабления на этой длине волны всех компонентов, составляющих этот канал или стационарную линию.

Максимально допустимые значения ослабления, дБ, в оптических каналах СКС приведены в табл.4.7.

Таблица 4.7.

Максимально допустимое ослабление сигнала, дБ, в оптических каналах СКС.

Канал	Многомодовый		Одномодовый	
	0,85мкм	1,30 мкм	0,85мкм	1,30мкм
<i>OF-300</i>	2,55	1,95	1,80	1,80
<i>OF-500</i>	3,25	2,25	2,00	2,00
<i>OF – 2000</i>	8,50	4,50	3,50	3,50

Как видно из табл. 4.7. в СКС, построенной в соответствии со стандартом, в случае наихудшего окна прозрачности (0,85 мкм) и канала наибольшей длины (2000 м), ослабление не должно превышать 8,5 дБ. Активное оборудование же, используемое в СКС, в большинстве случаев нормально работает при затуханиях 11 – 15 дБ. Таким образом, СКС, построенная с использованием волоконно–оптического кабеля способна обеспечить гарантированно работу любого оборудования.

Максимальная длина канала, образуемого с использованием ОВ в СКС, установлена:

- от 300 до 2000м на длинах волн 0,85 и 1,3 мкм для многомодового ОВ с диаметром сердцевины 50 мкм, максимальным затуханием 3,5 дБ/км($\lambda=0,85$ мкм) и 1,5 дБ/км ($\lambda=1,3$ мкм) а также минимальной широкополосностью 500 МГц*км($\lambda=0,85$ мкм) и 500 МГц*км ($\lambda=1,3$ мкм);
- от 300 до 2000м на длинах волн 0,85 и 1,3 мкм для многомодового ОВ с диаметром сердцевины 62,5 мкм, максимальным затуханием 3,5 дБ/км($\lambda=0,85$ мкм) и 1,5 дБ/км ($\lambda=1,3$ мкм), а также минимальной широкополосностью 200 МГц*км($\lambda=0,85$ мкм) и 500 МГц*км ($\lambda=1,3$ мкм);
- до 2000 м для одномодовых ОВ на длине волны 1,31мкм.

4.6. Коммутационные и монтажные шнуры.

Аналогично электрическим, оптические коммутационные шнуры (патч-корды) предназначены для ручной коммутации друг с другом различных кабельных сегментов СКС или для подключения активного сетевого оборудования к оптическим коммутационным панелям и представляют собой отрезок кабеля для шнуров, оконцованный на концах коннекторами различных типов.

По типу используемого волокна коммутационные шнуры подразделяются на многомодовые классов OM3, OM4 и одномодовые классов OS1, OS2. По количеству используемых волокон коммутационные шнуры различаются на симплексные (одинарный патч-корд с одним волокном) и дуплексные (сдвоенный патч-корд с двумя волокнами).

По типу применяемых коннекторов оптические патч-корды подразделяются на следующие типы: SC; FC; LC; ST; MPO ит.д. Кроме этого коммутационные шнуры классифицируются по категориям от 3 до 5. Для коммутационных шнуров особое значение имеет допустимая величина радиуса изгиба. Для большинства используемых коммутационных шнуров значение этого параметра находится в пределах 20-25 мм.

Пигтейлы представляют собой отрезок волоконно-оптического кабеля для шнуров, на одном из концов которого установлен оптический коннектор, второй конец соединяется с волокном линейного кабеля с помощью сварки (рис. 4. 6).



Рис.4.6.Пигтейл

4.7.Основные компоненты СКС с оптической средой передачи.

В волоконно-оптической части СКС сохраняется топологическая схема иерархической звезды и распространяются те же топологические требования, что и на электрическую часть. Поэтому в соответствии с рекомендациями стандарта расположение распределительных устройств (РУ) волоконно-оптической части СКС должно быть таким же, что и в электрической части, т. е. чтобы длина канала в горизонтальной подсистеме не превышала 100 м, а длина канала, объединяющего горизонтальную подсистему СКС и магистральные подсистемы здания и территории, не превышала 2000 метров.

Компонентный состав волоконно-оптической части СКС аналогичен составу компонентов ее электрической части и включает следующие функциональные компоненты:

- кабели волоконно-оптические (внешней прокладки и внутриобъектовые);
- соединители оптических волокон (неразъемные и разъемные);
- распределительные устройства (территории, здания, этажа);
- точки консолидации.

4.7.1.Оптическое коммутационное оборудование.

Оптическое коммутационное оборудование являются одними из наиболее важных узлов систем передачи информации, построенных на

основе иерархических структур. Оно предназначено для передачи исходного сигнала, поступившего на один из нескольких входов, на один из нескольких выходов в соответствии с заданным алгоритмом переключения.

Оптические коммутационные устройства предназначены для подключения волокон различных стационарных линий СКС друг к другу с помощью коммутационных шнуров, а также подключения к СКС сетевого оборудования непосредственно оконечными шнурами или с использованием адаптеров. К оптическим коммутационным устройствам относятся оптические кроссы и коммутационные боксы.

Оптическое кроссовое оборудование используется для концевой заделки оптических кабелей и подключения их к аппаратуре систем передачи и предназначено:

- для ввода и фиксации оптического кабеля (ей);
- для укладки и фиксации сварных соединений оптических волокон;
- для подключения активного оборудования к кабельной оптической линии;
- для коммутации оптических волокон между различными кабельными линиями.

Оптический кросс включает оборудование, соединяющее отдельные сегменты оконцованного волоконно-оптического кабеля и оптические пигтейлы.

Конструктивно оптический кросс – это металлическая или пластиковая коробка (рис.4.7), в которой установлены оптические розетки (проходные соединители), а также устройство фиксации оболочки кабеля, устройство укладки и размещения защитных комплектов неразъемных сварных соединений оптических волокон.



Рис.4. 7. Оптический кросс.

Существует два вида оптических кроссов: настенные и стоечные, устанавливаемые в 19-дюймовые коммутационные шкафы и стойки. Настенные кроссы (рис.4.8) обычно используются в качестве оконечных и коммутационных устройств для кабелей с небольшим количеством волокон (не более 24). Настенные кроссы часто применяют также для перехода от

кабеля внешней прокладки вблизи от места его захода в здание к кабелю внутренней прокладки.

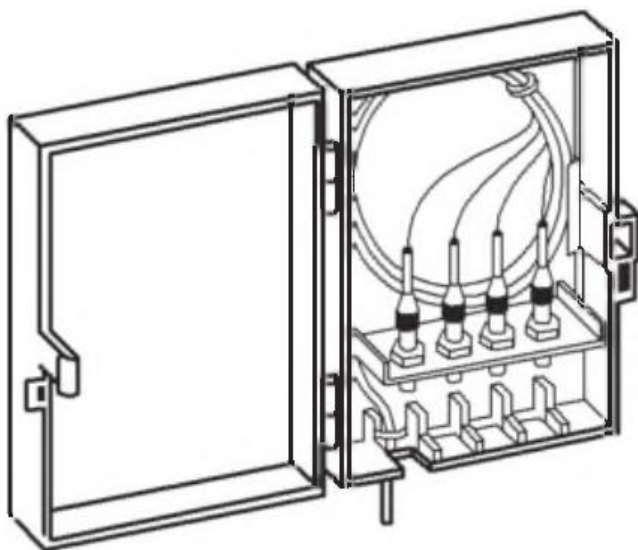


Рис.4.8. Настенный оптический кросс

Настенные кроссы изготавливаются из металла, иногда из пластика, оборудованы дверцей и/или замком. Кабели могут подходить к ним как сверху, так и снизу (задней поверхностью это оборудование крепится к стене). Внутри коробки расположены держатели для оптоволоконных кабелей – так называемые сплайс-пластины. Данное оборудование может быть рассчитано на разное количество портов. Наиболее часто встречаются 8- 16-, 24- и 32-портовые варианты.

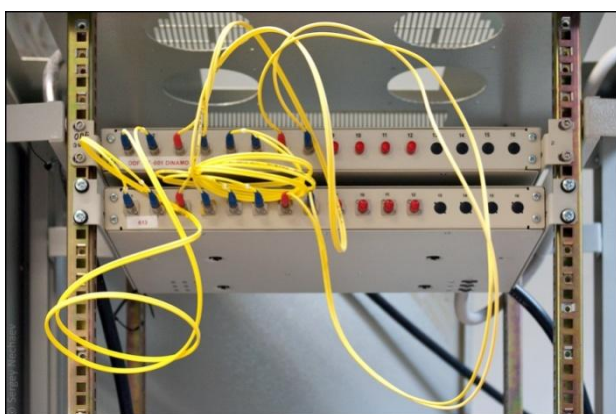


Рис.4.9. Установка оптических кроссов в шкафы 19”.

Кроссы оптически чаще всего устанавливают в шкафы 19” (рис.4.9). На передней части кросса расположены гнезда для оптических адаптеров, а к задней панели, где располагаются сплайс-пластины, вводятся кабели. Высота

стойного корпуса измеряется в юнитах (U), этих юнитов может быть разное количество. Высота одного юнита – 44,45мм.

Шкафы оптические (распределительные) предназначены для организации разъемного соединения нескольких оптических кабелей, и выполнения переключений в процессе эксплуатации сети. Как правило, они применяются при переходе с линейных (внешних) оптоволоконных кабелей на линии, прокладываемые внутри зданий, или для подключения активного оборудования.

Шкаф представляют собой устанавливаемый на стене или на любой стойке универсальный металлический корпус, в котором имеется коммутационная панель, на которую монтируются оптические соединители. С одной стороны к ним подключаются разъемы одного (или нескольких) разделанных в шкафу кабелей, с другой - гибкие коммутационные шнуры, с помощью которых выполняются коммутации или подключается активное оборудование. Коммутационная панель, дополнительно к прямому назначению, разделяет внутренне пространство шкафа на секцию для размещения сращиваемых световодов, и секцию коммутационных соединений.

4.7.2. Разъемы для оптических кабелей.

Основные функции разъема заключаются в фиксации волокна в центрирующей системе (соединителе), и защите волокна от механических и климатических воздействий.

Оптический коннектор состоит из корпуса, внутри которого расположен наконечник (капилляр или феррула) с прецизионным продольным концентрическим каналом (рис.4.10). Диаметр канала зависит от того, какое оптическое волокно будет использоваться - одномодовое или многомодовое. Для одномодового волокна диаметр канала капилляра равен 125,5-127мкм, для многомодового 127-130мкм. Наиболее распространенный внешний диаметр капилляров — 2,5мм, но в оптических коннекторах с малым форм-фактором используются феррулы диаметром 1,25мм. В качестве материала капилляров используется диоксид циркония.



Рис. 4.10.Капилляр или феррула.

Для одномодового волокна точность выравнивания волокна в капилляре должна быть выше, чем 0,5 мкм, угловое отклонение не более 5 гр., а возвратные потери не менее 40 дБ.

Уменьшение величины отраженного светового потока требует отсутствия воздушного зазора между торцами сердцевин оптических волокон, подлежащих соединению. С целью достижения полного контакта торцевые поверхности определенным образом полируются. Для уменьшения обратного отражения существует несколько типов полировки. Задача полировки — обеспечить отсутствие воздушного зазора между торцами волокон, т.е. обеспечить физическое соприкосновение волокон. На сегодняшний день различают 4 класса полировки: PC, SPC, UPC и APC.

К классу PC относятся коннекторы ручной полировки и сделанные по клеевой технологии. Недостатком PC полировки является то, что во время полировки волокна происходят негативные изменения поверхностного торцевого слоя, обусловленные механическими изменениями при полировке. Этот фактор ограничивает использование коннекторов с PC полировкой в сетях со скоростями более 1 Гбит/с.

Коннекторы класса SPC — это модернизированная PC, поскольку выполняется не вручную, а механически, что улучшает её качество. Для улучшения контакта оптического волокна радиус сердечника был сужен до 20 мкм, а в качестве материала наконечника использовался более мягкий цирконий.

Коннекторы класса UPC требуют более сложных и дорогостоящих систем управления при выполнении полировке. В результате устраняется проблема негативного изменения поверхностного торцевого слоя при полировке, что приводит к значительному улучшению параметра отражения. Поэтому такие коннекторы могут применяться в высокоскоростных системах с пропускной способностью 2,5 Гбит/с и выше. Специальные процессы полировки в соединителях UPC и SPC позволяют довести затухание отражённого сигнала до 55 дБ.

Коннекторы класса APC также как и PC-соединители имеют округлую форму торца наконечника. Основное различие заключается в том, что контактная поверхность имеет наклон. Шлифовка торцов оптических волокон выполняется под углом 8 – 12 градусов от перпендикуляра, что является наиболее действенным способом снижения уровня энергии отраженного сигнала. В таком стыке отраженный световой сигнал распространяется под углом большим, чем угол, под которым сигнал вводится в оптическое волокно. Такая конструкция обеспечивает потери на обратном отражении не менее 60 дБ как в соединенном, так и в разъединенном состоянии. Таким образом, APC-соединители удовлетворяют даже самым строгим требованиям в течение всего срока эксплуатации, причем без специальных способов шлифовки.

APC-коннекторы не могут использоваться совместно с коннекторами другой полировки. Считается, что при подключении двух коннекторов через

адаптер лучше использовать коннекторы одной серии. Использование других серий совместно с серией APC вообще недопустимо и может привести к выходу одного или обоих коннекторов из строя.

На сегодняшний день распространены неполируемые коннекторы с вмонтированным в капилляр отрезком оптического волокна. Такой отрезок соединяется внутри коннектора с волокном кабеля. Несмотря на то, что вместо одного места стыка получается два, такая технология хорошо зарекомендовала себя на практике. Ее основное достоинство - отсутствие при оконцевании волокон технологической операции полировки торца коннектора, требующей больших затрат времени.

В настоящее время существует большое количество оптических разъемов, отличающихся размерами, формами и методами крепления и фиксации. Выбор типа оптического коннектора зависит от используемого активного оборудования, задач монтажа оптических линий и требуемой точности. Основными являются: ST, SC, LC, FC.



Рис.4.11. Оптические разъемы LC.

Коннекторы LC (см. Рис.4.11) используются для многомодовых и одномодовых волокон. Миниатюрные LC-коннекторы имеют размеры примерно в два раза меньше, чем обычные варианты SC, FC, ST. Диаметр наконечника разъема LC составляет 1,25 мм вместо стандартного 2,5мм, материал – керамика. Фиксация разъема происходит за счет прижимного механизма – защелки, которая исключает непредвиденное разъединение. Использование оптического коннектора LC позволяет добиться высокой плотности монтажа в коммутационной панели или шкафу.

Оптический коннектор SC (рис.4.12) относится к классу коннекторов общего пользования и применяется как в сетях с большой длиной секций, так и в локальных сетях и используется как для многомодового волокна, так и одномодового. Коннектор выполнен в легком пластмассовом корпусе, хорошо защищающем наконечник. Диаметр наконечника 2,5мм, материал – керамика. Фиксация коннектора осуществляется поступательным движением с защелкиванием.



Рис.4.12. Оптический разъем SC.

Оптические коннекторы FC (рис.4.13) в большинстве случаев используются в одномодовых соединениях. Корпус разъема выполнен из никелированной латуни. Для фиксации коннектора используется накидная гайка, что позволяет обеспечить надежную защиту от случайных разъединений. Керамический наконечник диаметром 2,5мм с выпуклой торцевой поверхностью диаметром 2 мм обеспечивает физический контакт стыкуемых световодов. Коннекторы FC имеют высокие эксплуатационные характеристики и высокую степень защиты наконечника. Однако стоимость их заметно выше в сравнении с другими типами корректоров.

Коннекторы типа FC предназначены на применение в одномодовых линиях дальней связи, специализированных системах и сетях кабельного телевидения.



Рис.4.13. Оптический разъем FC.

Оптические коннекторы ST (рис.4.14) востребованы в силу сравнительной дешевизны и удобства инсталляции. Конструкция коннектора основана на керамическом наконечнике (феруле) диаметром 2,5 мм с выпуклой торцевой поверхностью, обеспечивающем физический контакт стыкуемых световодов. Разъемы типа ST применяются при коммутации волоконно-оптических кабелей в системах кабельного телевидения, сетях передачи данных.



Рис. 4.14. Оптические разъемы ST.

Оптические адаптеры (оптические розетки) предназначены для обеспечения разъёмного соединения оптических шнуров с коннекторами одного или разных типов в оптическом кроссовом оборудовании, распределительных боксах, абонентских оптических розетках и других элементах волоконно-оптических сетей посредством прецизионной втулки, изготовленной, как правило, из керамики. Они устанавливаются в съемные панели и обеспечивают надёжный контакт и стабильное разъёмное соединение патч-кордов и пигтейлов. Оптические адаптеры имеют металлический или пластиковый корпус.

Оптические адаптеры позволяют с высокой точностью соединять и центрировать относительно друг друга коннекторы SC, LC, FC, ST, а так же различные их сочетания. Для обеспечения точности соединения в оптическом адаптере используются специальные втулки — центраторы, которые для многомодовых адаптеров обычно изготавливаются из бронзы, а для одномодовых — из керамического материала. В адаптерах для соединения коннекторов с различающимися диаметрами феррул (SC-LC, LC-FC) используются два центратора и корпус с точной геометрией.

Различают следующие типы оптических адаптеров:

- проходные(рис. 4.15), предназначены для обеспечения разъёмного соединения оптических шнуров с коннекторами одного типа в коммутационно-распределительных устройствах, активном сетевом оборудовании и измерительных приборах. Обозначение соединительных адаптеров соответствует типу подключаемых коннекторов (FC, SC, LC, ST и т. д.);



Рис.4.15. Проходныеоптические адаптеры

- переходные (рис.4.16), используются для соединения оптических шнуров с коннекторами двух различных типов(например FC/SC) при соединении активного сетевого оборудования с ранее проложенными сетями.Они представляет собой проходную розетку с общей центрирующей гильзой и гнездами двух разных типов по обе стороны.



Рис.4.16. Переходные оптические адаптеры

Оптические адаптеры обладают следующими техническими характеристиками:

- максимальный показатель потерь, которые могут быть внесены в канал – до 0,2 дБ;
- вносимые потери могут иметь разнос до 0,1 дБ;
- температурный режим, в котором гарантируется качественная работа: от +75 до -40°С;
- рекомендуемая температура хранения: от +75 до -40°С.

Оптические информационные розетки выполняют функции интерфейсного элемента СКС со стороны пользователей и устанавливаются на рабочих местах. К ним подключается горизонтальный кабель, связывающий их с РУЭ. Конструктивно информационная розетка традиционной конструкции выполнена в виде вставки и состоит из корпуса и одной или нескольких розеток оптических разъемов (рис.4.17).



Рис.4.17. Оптическая розетка

Литература

1. Сайт Компании Навигатор. <http://navigator13.ru/>

2. Семенов А.Б. Проектирование и расчет структурированных кабельных систем и их компонентов. – М.: ДМК Пресс; М.: Компания АйТи, 2008.- 416с.: ил.
3. Самарский П.А. Основы структурированных кабельных систем /Самарский П.А. – М.: Компания АйТи; ДМК Пресс, 2005. – 216 + 12с.: ил.
4. eurolan.com/pdf/images/ Структурированная кабельная система СКС.
5. <http://www.rootelekom.ru/oborud/katalog/kabel/vit-para/vit-para-harak.htm>
6. Семенов А.Б., Стрижаков С.К., Сунчелей И. Р. Структурированные кабельные системы. 5-е изд. – М.: Компания АйТи; ДМК Пресс, 2004. 640+ 16с.
7. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. - Спб.: Питер, 2003.
8. Сайт компании Эколан <http://www.ecolan.ru>
- 9.ГОСТ 53246-2008

**Иванов Владимир Степанович
Сергеев Алексей Николаевич**

**Направляющие среды передачи в структурированных кабельных
системах.**

Учебное пособие

Редактор ...

Компьютерная верстка ...

План издания 2018 г., п. 179

Подписано к печати 24.12.2015
Объем ... усл.-печ. л. Тираж ... экз. Заказ ...
Редакционно-издательский отдел СПбГУТ
193232 СПб., пр. Большевиков, д. 22
Отпечатано в СПбГУТ