

БЕСТСЕЛЕР

**Семенов А. Б.
Стрижаков С. К.
Сунчелей И. Р.**

СТРУКТУРИРОВАННЫЕ КАБЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

5-е издание

А
Академия
АйТи

ДМК
ПРОСС
ИЗДАТЕЛЬСТВО

ИТИ
информационные
технологии
для инженеров

УДК 621.315.21
ББК 32.845.6
С30

Семенов А. Б., Стрижаков С. К., Сунчелей И. Р.
С30 Структурированные кабельные системы / Семенов А. Б., Стрижаков С. К., Сунчелей И. Р. – 5-е изд. – М. : Компания АйТи ; ДМК Пресс. – 640 с.: ил.

ISBN 978-5-94074-732-1

В книге рассматриваются основные положения стандартов, регламентирующих принципы и правила построения структурированных кабельных систем (СКС). Приводятся сведения о компонентах, применяемых при создании СКС: электрических и оптических кабелях, коммутационно-распределительных устройствах, шнурах, монтажном оборудовании и декоративных коробах. Затронуты вопросы противопожарной безопасности и организации заземления. Излагаются методика проектирования отдельных подсистем СКС, правила монтажа электрических и оптических панелей и розеток различных видов. Описываются правила тестирования смонтированных кабельных систем и используемые для этого приборы, а также принципы эксплуатационного обслуживания смонтированных СКС.

Для проектировщиков, строителей и сотрудников служб эксплуатации СКС, широкого круга специалистов, занимающихся кабельными системами, студентов вузов и учащихся техникумов.

УДК 621.315.21
ББК 32.845.6

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но поскольку вероятность технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

ISBN 978-5-94074-732-1

© Семенов А. Б. и др.
© Оформление. издание, ДМК Пресс

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Предисловие к третьему изданию | 20 |
| Предисловие к четвертому изданию | 23 |
| Введение | 24 |
| Глава I | |
| Общие сведения о СКС | 29 |
| 1.1. Историческая справка о происхождении СКС и развитии стандартов | 29 |
| 1.2. Структура СКС | 34 |
| 1.2.1. Топология СКС | 34 |
| 1.2.2. Технические помещения | 35 |
| 1.2.3. Подсистемы СКС | 36 |
| 1.2.4. Коммутация в СКС | 38 |
| 1.2.5. Принципы администрирования СКС | 39 |
| 1.2.6. Кабели СКС | 39 |
| 1.3. Понятие классов и категорий и их связь с длинами кабельных трасс | 40 |
| 1.3.1. Классы приложений, категории кабелей и разъемов СКС | 40 |
| 1.3.2. Ограничения на длины кабелей и шнуров СКС | 44 |
| 1.4. Дополнительные варианты топологического построения СКС | 45 |
| 1.4.1. Варианты построения горизонтальной подсистемы СКС | 46 |
| 1.4.2. Топологии с централизованным администрированием | 47 |
| 1.5. Принцип Cable Sharing | 49 |
| 1.6. Гарантийная поддержка современных СКС | 51 |
| 1.7. Выводы | 54 |
| Глава II | |
| Передача сигналов по электрическим и оптическим трактам СКС | 55 |
| 2.1. Передача электрических сигналов по витым парам | 55 |
| 2.1.1. Способы передачи информации по витым парам | 55 |
| 2.1.2. Первичные электрические параметры витой пары | 56 |
| 2.1.2.1. Емкость | 57 |
| 2.1.2.2. Активное сопротивление | 58 |

| | |
|---|-----|
| 2.1.2.3. Индуктивность | 59 |
| 2.1.2.4. Проводимость изоляции | 59 |
| 2.1.3. Вторичные параметры кабелей из витых пар и трактов на их основе | 60 |
| 2.1.3.1. Волновое сопротивление | 60 |
| 2.1.3.2. Затухание | 61 |
| 2.1.3.3. Переходное затухание | 64 |
| 2.1.3.4. Защищенность | 69 |
| 2.1.3.5. Относительная скорость распространения сигналов (параметр <i>NVP</i>) и задержка прохождения сигналов (параметр <i>delay</i>)..... | 72 |
| 2.1.3.6. Разброс задержек прохождения сигналов по витым парам (параметр <i>Skew</i>) | 73 |
| 2.1.3.7. Структурные и обычные возвратные потери | 74 |
| 2.1.3.8. Сопротивление связи | 76 |
| 2.1.3.9. Затухание несимметрии | 77 |
| 2.1.3.10. Дополнительные потери <i>ILD</i> | 78 |
| 2.1.4. Шум от внешних источников электромагнитного излучения | 79 |
| 2.2. Передача сигналов по волоконным световодам | 79 |
| 2.2.1. Процессы распространения излучения в волоконном световоде | 80 |
| 2.2.2. Типы волоконных световодов | 81 |
| 2.2.3. Дисперсия электромагнитного излучения | 82 |
| 2.2.4. Затухание сигналов в световодах | 84 |
| 2.2.4.1. Единицы измерения оптической мощности | 84 |
| 2.2.4.2. Механизмы потерь | 84 |
| 2.3. Передача цифровой информации по электрическим и оптическим трактам СКС | 86 |
| 2.3.1. Линейные коды сетевой аппаратуры | 87 |
| 2.3.1.1. Требования к кодам | 87 |
| 2.3.1.2. Связь тактовой частоты цифрового сигнала с полосой пропускания канала связи | 87 |
| 2.3.1.3. Способы обеспечения тактовой синхронизации в цифровой сетевой аппаратуре | 89 |
| 2.3.2. Коды низкоскоростных электрических систем | 91 |
| 2.3.2.1. Коды без возврата к нулю | 91 |
| 2.3.2.2. Коды с возвратом к нулю | 92 |
| 2.3.3. Особенности использования кабелей из витых пар высокоскоростными сетевыми устройствами | 93 |
| 2.3.3.1. Схема кодирования сети <i>100Base-T4</i> | 94 |
| 2.3.3.2. Схема кодирования <i>TP-PMD</i> и <i>100Base-TX</i> | 95 |
| 2.3.3.3. Технические решения <i>1000Base-T</i> | 96 |
| 2.3.4. Особенности линейных кодов для оптических каналов связи | 99 |
| 2.4. Выводы | 102 |

Глава III

| | |
|---|-----|
| Электрические компоненты СКС | 103 |
| 3.1. Кабели на основе витых пар | 103 |
| 3.1.1. Общие положения и классификация | 103 |
| 3.1.2. Горизонтальный кабель | 104 |
| 3.1.2.1. Разновидности горизонтальных кабелей | 104 |
| 3.1.2.2. Материалы проводников | 105 |
| 3.1.2.3. Материалы изоляции проводников | 107 |
| 3.1.2.4. Внешние оболочки | 108 |
| 3.1.2.5. Экранирование горизонтальных кабелей | 109 |
| 3.1.2.6. Электрические характеристики | 113 |
| 3.1.2.7. Механические характеристики | 114 |
| 3.1.2.8. Кабели с волновым сопротивлением 120 Ом | 116 |
| 3.1.2.9. Упаковка горизонтальных кабелей | 117 |
| 3.1.2.10. Производство горизонтального кабеля | 119 |
| 3.1.3. Многопарный кабель | 120 |
| 3.1.3.1. Конструктивные особенности | 120 |
| 3.1.3.2. Электрические характеристики | 121 |
| 3.1.3.3. Механические характеристики | 122 |
| 3.1.4. Другие электрические кабельные изделия СКС | 123 |
| 3.1.4.1. Кабель для шнуров | 123 |
| 3.1.4.2. Провод для перемычек | 125 |
| 3.1.4.3. Кабель для прокладки под ковром | 126 |
| 3.1.4.4. Горизонтальные кабели с граничной частотой свыше 100 МГц | 127 |
| 3.1.4.5. Комбинированные конструкции кабелей для горизонтальной подсистемы СКС | 130 |
| 3.1.5. Цветовая маркировка электрических кабелей СКС | 132 |
| 3.2. Разъемы для электрических кабелей | 133 |
| 3.2.1. Механические и электрические параметры разъемов | 134 |
| 3.2.1.1. Подключение проводников кабеля к контактам разъемов | 134 |
| 3.2.1.2. Электрические характеристики разъемов для витых пар | 137 |
| 3.2.1.3. Механические характеристики разъемов для витых пар | 140 |
| 3.2.2. Модульные разъемы | 140 |
| 3.2.2.1. Общие положения | 140 |
| 3.2.2.2. Вилки модульных разъемов | 142 |
| 3.2.2.3. Розетки модульных разъемов | 147 |
| 3.2.2.4. Схемы разводки модульных разъемов | 155 |
| 3.2.3. Разъемы типа 110 | 157 |
| 3.2.4. Другие типы разъемов для передачи сигналов приложений класса C и D | 160 |

| | |
|---|-----|
| 3.2.5. Разъемы типа 110 нетрадиционных схем для применения в СКС с повышенной пропускной способностью | 161 |
| 3.2.5.1. Разъемы системы VisiPatch | 162 |
| 3.2.5.2. Разъемы типа S210 | 163 |
| 3.2.5.3. Разъем системы Giga-PUNCH | 164 |
| 3.2.6. Высокочастотные разъемы для решений проекта категории 7 | 165 |
| 3.2.6.1. Состояние разработок и применяемые схемы | 165 |
| 3.2.6.2. Решения модульного типа | 166 |
| 3.2.6.3. Решения нетрадиционных схем | 167 |
| 3.3. Коммутационное оборудование | 168 |
| 3.3.1. Коммутационные шнуры | 168 |
| 3.3.2. Коммутационные панели | 171 |
| 3.3.2.1. Коммутационные панели типа 110 | 172 |
| 3.3.2.2. Коммутационные панели типа 66 | 176 |
| 3.3.2.3. Коммутационные панели с розетками модульных разъемов | 178 |
| 3.3.2.4. Претерминированные и бесшнуровые панели | 186 |
| 3.3.2.5. Прочие разновидности коммутационных панелей | 188 |
| 3.3.2.6. Распределители | 188 |
| 3.3.3. Информационные розетки | 189 |
| 3.3.3.1. Традиционные конструкции | 189 |
| 3.3.3.2. Розетки для телефонных аппаратов | 193 |
| 3.3.4. Решения для открытых офисов | 194 |
| 3.3.4.1. Розетки для монтажа в подпольных коробках | 194 |
| 3.3.4.2. Розетки MUTO и консолидационных точек | 194 |
| 3.4. Оконечные шнуры, адаптеры и удлинители | 195 |
| 3.4.1. Оконечные шнуры | 196 |
| 3.4.1.1. Конструктивные особенности | 196 |
| 3.4.1.2. Разновидности 4-парных оконечных шнуров | 198 |
| 3.4.1.3. Монтажные шнуры и оконцованные кабели | 199 |
| 3.4.1.4. Комбинированные и многопарные оконечные шнуры | 200 |
| 3.4.2. Адаптеры | 201 |
| 3.4.2.1. Переходники | 202 |
| 3.4.2.2. Разветвители | 203 |
| 3.4.2.3. Балуны | 204 |
| 3.4.2.4. Другие виды адаптеров | 206 |
| 3.4.3. Удлинитель | 209 |
| 3.5. Дополнительное оборудование для построения трактов передачи информации СКС | 209 |
| 3.5.1. Комплекты и наборы для установки кабельной системы | 210 |
| 3.5.2. Соединительные модули | 211 |
| 3.5.3. Автоматические кроссы | 211 |
| 3.5.4. Демонстрационное оборудование | 212 |
| 3.6. Выводы | 212 |

Глава IV

| | |
|--|-----|
| Волоконно-оптические компоненты СКС | 214 |
| 4.1. Оптические кабели | 214 |
| 4.1.1. Области применения и классификация | 214 |
| 4.1.2. Конструктивные особенности и оптические параметры оптических кабелей | 215 |
| 4.1.3. Вторичные защитные покрытия волоконных световодов | 218 |
| 4.1.4. Широкополосные многомодовые световоды | 219 |
| 4.1.5. Разновидности оптических кабелей СКС | 223 |
| 4.1.5.1. Кабели внешней прокладки | 223 |
| 4.1.5.2. Кабели внутренней прокладки | 229 |
| 4.1.5.3. Кабели для соединения зданий | 231 |
| 4.1.5.4. Кабели для шнуров | 232 |
| 4.1.6. Цветовая кодировка и маркировка оптических кабелей | 234 |
| 4.2. Оптические разъемы | 236 |
| 4.2.1. Назначение оптических разъемов и основные требования к ним | 236 |
| 4.2.2. Параметры оптических разъемов | 240 |
| 4.2.2.1. Вносимые потери | 240 |
| 4.2.2.2. Обратные отражения | 240 |
| 4.2.3. Конструктивные особенности оптических разъемов | 242 |
| 4.2.3.1. Наконечники вилок оптических разъемов | 242 |
| 4.2.3.2. Элементы защиты наконечников от проворачивания и неправильного подключения вилок | 244 |
| 4.2.3.3. Элементы и способы крепления к кабелю | 245 |
| 4.2.3.4. Хвостовики вилок | 247 |
| 4.2.3.5. Розетки оптических разъемов | 247 |
| 4.2.3.6. Защитные колпачки и крышки | 248 |
| 4.2.4. Основные типы оптических разъемов СКС | 249 |
| 4.2.4.1. Разъемы типа SC | 249 |
| 4.2.4.2. Разъемы типа ST | 250 |
| 4.2.5. Другие типы оптических разъемов | 251 |
| 4.2.5.1. Разъемы типа FC | 251 |
| 4.2.5.2. Разъемы типа MIC | 252 |
| 4.2.5.3. Разъемы типа SMA | 253 |
| 4.2.5.4. Разъемы типа DIN | 253 |
| 4.2.6. Разъемы с увеличенной плотностью установки | 253 |
| 4.2.6.1. Конструкции с наконечниками уменьшенного диаметра | 254 |
| 4.2.6.2. Малогабаритные разъемы с наконечниками диаметром 2,5 мм | 255 |
| 4.2.6.3. Разъемы группового типа | 257 |
| 4.2.6.4. Конструкции без центрирующего наконечника | 258 |

| | |
|---|-----|
| 4.3. Коммутационное оборудование | 259 |
| 4.3.1. Конструктивные особенности и варианты подключения | 259 |
| 4.3.2. Коммутационные стойки | 261 |
| 4.3.3. 19-дюймовое коммутационное оборудование | 262 |
| 4.3.3.1. Коммутационные полки классической конструкции | 262 |
| 4.3.3.2. Другие виды 19-дюймового оптического оборудования | 265 |
| 4.3.4. Настенные муфты | 266 |
| 4.3.5. Оптические модули | 267 |
| 4.3.6. Оптические многопользовательские розетки и консолидационные точки | 268 |
| 4.3.7. Информационные розетки | 268 |
| 4.4. Оконцованные волоконно-оптические кабельные изделия | 270 |
| 4.4.1. Коммутационные и оконечные шнуры | 270 |
| 4.4.2. Претерминированные кабельные изделия | 271 |
| 4.4.2.1. Претерминированные сборки | 271 |
| 4.4.2.2. Ремонтные кабельные вставки | 272 |
| 4.4.3. Монолитные распределительные панели | 273 |
| 4.5. Адаптеры | 273 |
| 4.6. Промежуточные муфты | 274 |
| 4.7. Система Blolite | 276 |
| 4.8. Выводы | 277 |

Глава V

| | |
|--|-----|
| Дополнительные компоненты | 279 |
| 5.1. Монтажное оборудование | 279 |
| 5.1.1. 19-дюймовые конструктивы | 279 |
| 5.1.1.1. Габаритные параметры 19-дюймового оборудования | 280 |
| 5.1.1.2. Остальные особенности 19-дюймового оборудования | 282 |
| 5.1.2. Монтажные шкафы | 283 |
| 5.1.2.1. Напольные шкафы | 284 |
| 5.1.2.2. Настенные шкафы | 290 |
| 5.1.3. Другие виды 19-дюймового монтажного оборудования | 293 |
| 5.1.3.1. Открытые стойки | 293 |
| 5.1.3.2. Монтажные рамы | 294 |
| 5.1.3.3. Настенные рамы | 295 |
| 5.1.3.4. Монтажные консоли | 295 |
| 5.1.3.5. Подвижные приборные стойки | 295 |
| 5.1.4. Оборудование и аксессуары для 19-дюймовых конструктивов | 296 |
| 5.1.4.1. Полки, поддоны и крепежные уголки | 296 |
| 5.1.4.2. Распределители силового электропитания | 297 |
| 5.1.4.3. Оборудование заземления | 298 |

| | |
|--|-----|
| 5.1.4.4. Организаторы кроссовых шнуров, перемычек и кабелей | 299 |
| 5.1.4.5. Оборудование принудительной вентиляции | 303 |
| 5.1.4.6. Дополнительные аксессуары | 304 |
| 5.2. Декоративные кабельные короба | 305 |
| 5.2.1. Назначение и конструктивные особенности настенных коробов | 305 |
| 5.2.1.1. Основные требования к коробам | 305 |
| 5.2.1.2. Виды коробов | 306 |
| 5.2.1.3. Материалы и окраска | 309 |
| 5.2.2. Стандартные комплектующие элементы | 311 |
| 5.2.3. Средства установки розеток в рабочих помещениях | 313 |
| 5.2.3.1. Установка розетки во внутреннее пространство короба | 314 |
| 5.2.3.2. Установка розетки на короб | 315 |
| 5.2.3.3. Установка розетки рядом с коробом | 316 |
| 5.2.3.4. Комбинированные решения | 317 |
| 5.2.3.5. Розетки мультимедиа | 317 |
| 5.2.4. Элементы подключения рабочих мест в больших залах | 318 |
| 5.2.4.1. Подпольные коробки | 319 |
| 5.2.4.2. Напольные и настольные коробки | 320 |
| 5.2.4.3. Декоративные колонны | 321 |
| 5.2.4.4. Розеточная панель | 322 |
| 5.2.4.5. Корпусы для оборудования консолидационных точек | 323 |
| 5.2.5. Другие виды коробов | 323 |
| 5.2.5.1. Короба для прокладки волоконно-оптических кабелей | 323 |
| 5.2.5.2. Короба для монтажа под фальшполом и за фальшпотолком | 324 |
| 5.3. Выводы | 326 |

Глава VI

СКС для зданий неофисного типа, сектора SOHO

| | |
|---|-----|
| и домашних сетей | 328 |
| 6.1. Общие вопросы построения СКС неофисного типа | 329 |
| 6.1.1. Особенности области применения | 329 |
| 6.1.2. Функциональные возможности и требования к кабельной системе | 330 |
| 6.2. Принципы построения | 331 |
| 6.2.1. Коммутационные узлы и центры | 331 |
| 6.2.2. Элементная база | 332 |
| 6.2.2.1. Кабельные изделия | 333 |
| 6.2.2.2. Коммутационные устройства | 333 |

| | |
|--|-----|
| 6.2.2.3. Информационные розетки | 334 |
| 6.2.2.4. Декоративные короба | 336 |
| 6.3. Монтажные конструктивы | 336 |
| 6.3.1. Разновидности реализации | 336 |
| 6.3.2. Шкафчики | 337 |
| 6.3.2.1. Конструктивные особенности | 337 |
| 6.3.2.2. Аксессуары | 340 |
| 6.3.3. Другие виды конструктивов | 341 |
| 6.4. Особенности реализации | 341 |
| 6.4.1. Кабельная разводка | 341 |
| 6.4.2. Монтаж активного оборудования | 343 |
| 6.5. Выводы | 345 |

Глава VII

Специализированное активное сетевое оборудование для применения в технике СКС

| | |
|--|-----|
| 7.1. Сетевые устройства ЛВС с волоконно-оптическим интерфейсом ... | 348 |
| 7.1.1. Оборудование инсталляционного типа | 349 |
| 7.1.1.1. Общие принципы построения инсталляционных устройств | 349 |
| 7.1.1.2. Особенности реализации оптических портов | 352 |
| 7.1.1.3. Инсталляционные микроконцентраторы | 354 |
| 7.1.1.4. Особенности электропитания инсталляционных устройств | 356 |
| 7.1.1.5. Экономические аспекты применения инсталляционных приборов | 357 |
| 7.1.2. Устройства неинсталляционного типа | 358 |
| 7.1.2.1. Устройства для применения на рабочих местах пользователей | 358 |
| 7.1.2.2. Устройства для установки в технических помещениях | 362 |
| 7.1.2.3. Дополнительные сервисные возможности | 364 |
| 7.2. Системы беспроводной связи для СКС | 365 |
| 7.2.1. Системы радиосвязи | 365 |
| 7.2.2. Система открытой оптической связи WaveStar OpticAir | 367 |
| 7.3. Устройства для передачи телевизионных сигналов | 367 |
| 7.4. Прочие разновидности активного оборудования | 369 |
| 7.5. Выводы | 369 |

Глава VIII

Заземление в кроссовых и в машинных залах

371

Глава IX

| | |
|---|-----|
| Пожарная безопасность | 375 |
| 9.1. Общие положения | 375 |
| 9.2. Сопротивляемость горению и распространению пламени | 376 |
| 9.2.1. Состояние стандартизации | 376 |
| 9.2.2. Маркировка уровня пожаростойкости кабелей | 379 |
| 9.3. Другие вредные факторы при пожаре | 379 |
| 9.3.1. Выделение дыма | 379 |
| 9.3.2. Токсичные и удушающие газы | 380 |
| 9.3.3. Пожарная нагрузка | 382 |
| 9.4. Экспериментальное тестирование кабельных изделий | 382 |
| 9.4.1. Тестирование по ГОСТ и IEC | 382 |
| 9.4.2. Тестирование по нормам UL | 383 |
| 9.5. Правила противопожарной безопасности при проектировании СКС | 385 |
| 9.6. Выводы | 386 |

Глава X

| | |
|---|-----|
| Проектирование СКС | 387 |
| 10.1. Принципы проектирования | 387 |
| 10.1.1. Стадии проектирования | 387 |
| 10.1.2. Этапы создания СКС | 388 |
| 10.1.2.1. Исходные данные для проектирования на архитектурной и телекоммуникационной стадиях | 389 |
| 10.1.2.2. Эскизный проект | 389 |
| 10.1.2.3. Технический проект | 391 |
| 10.1.2.4. Разработка рабочей документации | 391 |
| 10.2. Архитектурная стадия проектирования | 391 |
| 10.2.1. Цели и задачи | 391 |
| 10.2.2. Проектирование аппаратных | 392 |
| 10.2.2.1. Размещение аппаратной | 393 |
| 10.2.2.2. Площадь аппаратной | 393 |
| 10.2.2.3. Условия окружающей среды в аппаратной | 394 |
| 10.2.2.4. Требования к конструкции и оборудованию аппаратной | 395 |
| 10.2.3. Проектирование кроссовых | 396 |
| 10.2.3.1. Размещение кроссовых | 396 |
| 10.2.3.2. Площадь кроссовых | 397 |

| | |
|---|-----|
| 10.2.3.3. Условия окружающей среды в кроссовых | 397 |
| 10.2.3.4. Требования к конструкции и оборудованию кроссовых | 398 |
| 10.2.4. Кабельные трассы подсистемы внешних магистралей | 398 |
| 10.2.5. Кабельные трассы подсистемы внутренних магистралей | 399 |
| 10.2.6. Кабельные трассы горизонтальной подсистемы | 401 |
| 10.2.6.1. Кабельные трассы в конструкциях пола | 402 |
| 10.2.6.2. Подпотолочные кабельные каналы | 407 |
| 10.2.6.3. Прокладка кабелей в настенных каналах | 410 |
| 10.3. Телекоммуникационная стадия проектирования | 411 |
| 10.3.1. Исходные данные для проектирования | 411 |
| 10.3.1.1. Строительные решения | 411 |
| 10.3.1.2. Требования к кабельной системе | 413 |
| 10.3.1.3. Состав розеток на рабочих местах | 413 |
| 10.3.2. Проектирование подсистемы рабочего места | 413 |
| 10.3.3. Проектирование горизонтальной подсистемы | 415 |
| 10.3.3.1. Привязка отдельных рабочих мест к кроссовым | 416 |
| 10.3.3.2. Выбор типа информационных розеток | 417 |
| 10.3.3.3. Расчет горизонтального кабеля | 417 |
| 10.3.3.4. Проектирование точек перехода | 420 |
| 10.3.4. Магистральные подсистемы СКС | 420 |
| 10.3.4.1. Выбор типа и категории магистральных кабелей | 421 |
| 10.3.4.2. Расчет емкости и количества магистральных кабелей | 422 |
| 10.3.4.3. Особенности проектирования подсистемы внешних магистралей | 423 |
| 10.3.4.4. Резервирование магистральных кабелей | 424 |
| 10.3.5. Подсистема кабелей оборудования | 425 |
| 10.3.5.1. Выбор метода подключения сетевого оборудования к кабельной системе | 425 |
| 10.3.5.2. Выбор типа и категории кабелей оборудования, расчет их количества | 427 |
| 10.3.6. Административная подсистема | 428 |
| 10.3.6.1. Определение функциональных секций коммутационных панелей | 428 |
| 10.3.6.2. Определение емкости каналов передачи информации | 429 |
| 10.3.6.3. Выбор типа коммутационного оборудования | 430 |
| 10.3.6.4. Разработка планов размещения оборудования в помещениях кроссовых | 431 |
| 10.3.6.5. Расчет количества конструктивных единиц коммутационного оборудования | 433 |
| 10.3.6.6. Оформление спецификации | 441 |
| 10.4. Пример проектирования СКС | 442 |
| 10.4.1. Исходные данные | 442 |
| 10.4.2. Архитектурная фаза проектирования | 443 |

| | |
|---|------------|
| 10.4.3. Телекоммуникационная стадия проектирования | 445 |
| 10.4.3.1. Проектирование горизонтальной подсистемы | 445 |
| 10.4.3.2. Проектирование подсистемы внутренних магистралей | 446 |
| 10.4.3.3. Проектирование административной подсистемы | 446 |
| 10.4.3.4. Расчет количества и определение длин оконечных и коммутационных шнуров | 448 |
| 10.5. Выводы | 453 |
| Глава XI | |
| Монтаж СКС | 457 |
| 11.1. Организация работ | 457 |
| 11.1.1. Состав и оснащение бригад монтажников | 457 |
| 11.1.2. Рабочая документация | 457 |
| 11.1.3. Этапы и продолжительность выполнения работ | 458 |
| 11.1.4. Другие условия проведения работ | 459 |
| 11.2. Входной контроль компонентов СКС | 459 |
| 11.2.1. Входной контроль электрических кабелей и других электрических компонентов | 459 |
| 11.2.2. Входной контроль волоконно-оптических кабелей и других оптических компонентов | 460 |
| 11.3. Строительство магистральных подсистем СКС | 461 |
| 11.3.1. Прокладка кабелей в канализации | 461 |
| 11.3.2. Сращивание строительных длин кабелей внешней прокладки | 462 |
| 11.3.3. Монтаж оптических полок и настенных муфт | 463 |
| 11.4. Прокладка симметричных и/или волоконно-оптических кабелей внутри здания | 464 |
| 11.5. Монтаж декоративных коробов в рабочих помещениях и розеток на рабочих местах пользователей | 466 |
| 11.6. Подключение электрических и оптических кабелей к информационным розеткам и панелям | 468 |
| 11.6.1. Подключение витых пар к розеткам | 468 |
| 11.6.2. Подключение волоконно-оптических кабелей к розеткам | 469 |
| 11.7. Монтаж оборудования в технических помещениях | 469 |
| 11.7.1. Организация работ по монтажу оборудования и элементов СКС | 469 |
| 11.7.2. Подключение симметричных кабелей к компонентам коммутационного оборудования | 470 |
| 11.7.2.1. Подключение горизонтальных кабелей к кроссовым блокам типа 110 | 470 |
| 11.7.2.2. Подключение многопарных кабелей к кроссовым блокам типа 110 | 471 |

| | |
|---|-----|
| 11.7.2.3. Подключение горизонтальных кабелей к коммутационным панелям | 472 |
| 11.7.2.4. Подключение многопарных кабелей к коммутационным панелям | 473 |
| 11.8. Коммутация каналов передачи информации и подключение сетевого оборудования | 474 |
| 11.8.1. Коммутация каналов передачи информации на коммутационном оборудовании | 474 |
| 11.8.2. Подключение сетевого оборудования на рабочем месте | 474 |
| 11.9. Выводы | 475 |

Глава XII

| | |
|---|------------|
| Тестирование линий и трактов СКС | 476 |
| 12.1. Общие вопросы тестирования СКС | 476 |
| 12.1.1. Назначение и виды измерений | 476 |
| 12.1.2. Документирование результатов измерений | 477 |
| 12.2. Тестирование электрической подсистемы СКС | 478 |
| 12.2.1. Объекты тестирования | 478 |
| 12.2.1.1. Линии ISO/IEC 11801 | 479 |
| 12.2.1.2. Канал и базовая линия по TSB-67 | 482 |
| 12.2.1.3. Области применения моделей тестируемых линий | 483 |
| 12.2.2. Измеряемые параметры | 484 |
| 12.2.2.1. Требования к затуханию электрических трактов передачи .. | 484 |
| 12.2.2.2. Требования к переходному затуханию NEXT электрических трактов передачи | 485 |
| 12.2.2.3. Измерение длины | 486 |
| 12.2.2.4. Проверка разводки проводников пар по контактам модульного разъема | 487 |
| 12.2.2.5. Градации пропускной способности | 488 |
| 12.2.3. Погрешности измерений оборудования для полевого тестирования СКС | 489 |
| 12.2.3.1. Погрешности измерения затухания и NEXT | 491 |
| 12.2.3.2. Погрешность измерения длины | 492 |
| 12.2.4. Измерительное и тестирующее оборудование | 493 |
| 12.2.4.1. Виды оборудования для тестирования электрических трактов СКС | 493 |
| 12.2.4.2. Тестеры СКС | 494 |
| 12.2.4.3. Микросканеры | 500 |
| 12.2.5. Другие устройства для тестирования электрической подсистемы СКС | 500 |
| 12.2.5.1. Рефлектометры для электрических кабелей | 500 |
| 12.2.5.2. Устройства для проверки разводки | 501 |

| | |
|---|-----|
| 12.3. Тестирование волоконно-оптической подсистемы СКС | 502 |
| 12.3.1. Объекты тестирования и контролируемые параметры | 502 |
| 12.3.2. Оптические тестеры | 505 |
| 12.3.2.1. Методы измерения затухания | 505 |
| 12.3.2.2. Конструктивные особенности оптических тестеров | 506 |
| 12.3.2.3. Приставки к кабельным сканерам и автоматические измерители | 508 |
| 12.3.3. Оптические рефлектометры и локаторы | 509 |
| 12.3.3.1. Принцип действия рефлектометра | 510 |
| 12.3.3.2. Конструктивные особенности рефлектометров | 511 |
| 12.3.3.3. Оптические локаторы | 514 |
| 12.3.4. Идентификаторы активных волокон и визуализаторы дефектов | 515 |
| 12.4. Выводы | 515 |

Глава XIII

| | |
|--|------------|
| Эксплуатация СКС | 517 |
| 13.1. Администрирование | 517 |
| 13.1.1. Концепция администрирования | 517 |
| 13.1.1.1. Идентификаторы | 518 |
| 13.1.1.2. Записи | 520 |
| 13.1.1.3. Ссылки | 522 |
| 13.1.1.4. Информация о смежных системах | 522 |
| 13.1.1.5. Другие формы представления информации | 522 |
| 13.1.1.6. Содержание записей | 523 |
| 13.1.2. Администрирование отдельных элементов кабельной системы | 524 |
| 13.1.2.1. Администрирование кабельных каналов и помещений | 524 |
| 13.1.2.2. Администрирование кабельных линий | 525 |
| 13.1.2.3. Администрирование заземления | 529 |
| 13.1.3. Системы интерактивного управления СКС | 530 |
| 13.1.3.1. Система PatchView | 531 |
| 13.1.3.2. Система Enterprise 1 | 534 |
| 13.1.3.3. Система iPatch фирмы Avaya Communication | 535 |
| 13.1.3.4. Технология iTracks | 538 |
| 13.1.4. Программные продукты для неинтерактивного управления кабельной системой | 540 |
| 13.1.5. Элементы маркировки СКС | 541 |
| 13.1.5.1. Общие положения | 541 |
| 13.1.5.2. Клеевые этикетки | 543 |
| 13.1.5.3. Специализированные элементы маркировки кабельных изделий | 546 |
| 13.1.5.4. Элементы маркировки коммутационных панелей и розеток | 551 |

| | |
|--|-----|
| 13.2. Поиск и устранение неисправностей | 552 |
| 13.2.1. Неисправности кабельных систем на основе витых пар | 552 |
| 13.2.1.1. Обрыв кабеля | 552 |
| 13.2.1.2. Обрыв или короткое замыкание проводников кабеля | 553 |
| 13.2.1.3. Отсутствие электрического контакта между проводником кабеля и контактом розетки | 553 |
| 13.2.1.4. Нарушение порядка разводки проводников | 553 |
| 13.2.1.5. Нарушение электрических характеристик линии | 553 |
| 13.2.1.6. Сильные помехи от внешних источников электромагнитного излучения | 554 |
| 13.2.2. Неисправности волоконно-оптических кабельных систем | 554 |
| 13.2.2.1. Повреждение или обрыв кабеля | 554 |
| 13.2.2.2. Увеличение затухания в разъемах | 555 |
| 13.2.2.3. Повреждение коммутационных шнуров | 555 |
| 13.2.2.4. Неправильное подключение оконечных и коммутационных шнуров | 556 |
| 13.3. Проведение регламентных работ | 556 |
| 13.3.1. Состав и назначение регламентных работ | 556 |
| 13.3.2. Процедуры выполнения регламентных работ | 557 |
| 13.3.2.1. Визуальный осмотр | 557 |
| 13.3.2.2. Удаление пыли | 557 |
| 13.3.2.3. Перекладка коммутационных шнуров и перемычек | 557 |
| 13.3.2.4. Сверка кабельных журналов | 558 |
| 13.3.3. Действия в нестандартных ситуациях | 558 |
| 13.4. Выводы | 558 |

Глава XIV

| | |
|--|------------|
| Некоторые вопросы производства СКС | 560 |
| 14.1. Соотношение производства СКС как системы и отдельных компонентов | 560 |
| 14.1.1. Состав компонентов СКС | 560 |
| 14.1.2. Варианты изготовления отдельных компонентов в составе системы | 564 |
| 14.2. Схемы производства СКС как продукта | 565 |
| 14.2.1. Схемы на основе производства полного спектра компонентов .. | 566 |
| 14.2.2. Схемы на основе производства части компонентов | 566 |
| 14.2.3. Схемы на основе широкой интеграции в систему покупных продуктов | 567 |
| 14.3. Характерные черты и особенности реализации СКС | 569 |
| 14.3.1. Область технических параметров | 569 |
| 14.3.2. Организационные мероприятия | 570 |
| 14.4. Выводы | 571 |

| | |
|---|-----|
| Заключение | 572 |
| Приложения | 577 |
| Кабельные системы различных производителей | 577 |
| Волоконно-оптическая структурированная кабельная система <i>Volition</i> фирмы <i>3M</i> | 577 |
| Система <i>Signa Max</i> компании <i>Advanced Electronic Support Products</i> | 578 |
| Кабельная система <i>Alcatel Cabling System</i> компании <i>Alcatel</i> | 579 |
| Система <i>NETConnect</i> компании <i>AMP</i> | 581 |
| СКС <i>Millennium</i> компании <i>Brand-Rex</i> | 583 |
| Кабельная система фирмы <i>Elgaphon</i> | 585 |
| ACS компании <i>IBM</i> | 586 |
| АйТи-СКС компании АйТи | 588 |
| СКС компании <i>ITT NS&S</i> | 589 |
| Система <i>Krone Link</i> и <i>Highband</i> компании <i>Krone</i> | 591 |
| <i>SYSTIMAX</i> компании <i>Lucent Technologies</i> | 592 |
| Система <i>Molex Premise Networks</i> компании <i>Molex</i> | 594 |
| Системы <i>GIGAMo</i> компании <i>Ortronics</i> | 595 |
| Система <i>PAN-NET</i> компании <i>Panduit</i> | 596 |
| Система <i>Freenet</i> компании <i>Reichle & De Massari</i> | 598 |
| Структурированные кабельные системы компании <i>RiT Technologies</i> | 599 |
| Системы <i>ICCS</i> и <i>FutureLink</i> компании <i>Corning</i> | 600 |
| <i>Siemon Cabling System</i> компании <i>Siemon</i> | 602 |
| СКС фирмы <i>Superior Modular Products</i> | 603 |
| Единица децибел, понятия уровня сигнала, усиления и затухания | 605 |
| Перевод значений <i>AWG</i> и <i>SWG</i> в миллиметры и погонное сопротивление медного провода | 606 |
| Уровни IP-защиты | 606 |
| Глоссарий | 610 |
| Литература | 629 |
| Предметный указатель | 636 |

ГЛАВА I

Общие сведения о СКС

1.1. Историческая справка о происхождении СКС и развитии стандартов

Идея создания структурированной кабельной системы как основы слаботочной кабельной разводки здания была высказана специалистами фирмы AT&T (ныне Lucent Technologies) в 1983 году [10]. Первая достаточно удачная попытка создания универсальной кабельной системы для построения офисных информационных систем была предпринята корпорацией IBM. В 80-е годы специалистами этой компании на основе 2-парного экранированного симметричного кабеля с волновым сопротивлением 150 Ом была разработана система IBM, предназначенная для обеспечения функционирования сетей Token Ring, серверов AS/400, терминалов 3270 и других аналогичных устройств. Функциональные возможности системы были существенно расширены введением в ее состав компонентов, обеспечивающих передачу телефонных сигналов. Спецификация кабельной части системы IBM включала в себя 9 различных «типов» кабеля (табл. 1.1). Интересно, что сама IBM никогда не производила компоненты своей кабельной системы, этим по фирменным спецификациям IBM занимаются другие компании. Из девяти возможных вариантов кабелей наибольшую популярность получили типы 1 и 6. Они до сих пор продолжают применяться в сетях Token Ring, хотя последние несколько лет IBM рекомендует использовать для этого кабели категории 3, 4 или 5 с 8-контактными модульными разъемами. Поддержка функционирования устройств с коаксиальным и твинаксиальным интерфейсами обеспечивалась включением в состав системы развитой номенклатуры балунов.

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 в виде оплетки |
| Тип 2 | 2 экранированные (22 AWG, 150 Ом) и 4 неэкранированные (22 AWG, до 1 МГц) витые пары из монолитных проводников в общем внешнем экране в виде оплетки |
| 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. 2 неперевитые экранированные пары из монолитных проводников (26 AWG) |
| Тип 9 | 2 пары из монолитных или многопроволочных проводников (26 AWG) |

Отметим также, что в настоящее время на рынок поставляется усовершенствованный вариант кабеля Type 1, известный как Type 1A и отличающийся от своего предшественника улучшенными передаточными характеристиками за счет соответствующего изменения параметров скрутки отдельных витых пар.

В силу ряда причин, основными из которых являются высокая цена, низкая технологичность монтажа, ориентированность в основном на продукты IBM и трудности интегрирования в современные сетевые структуры¹, эта кабельная система не получила широкого распространения.

В конце 80-х годов разработчиками технологий передачи данных по локальным сетям прикладывались большие усилия по повышению скоростей обмена, надежности, снижению стоимости оборудования и расходов на его эксплуатацию. Кабели на основе витых пар ввиду их технологичности при производстве и монтаже были хорошим средством для реализации каналов связи локальных сетей. Однако отсутствие стандартов на этот технический продукт тормозило разработку перспективных сетевых технологий, использующих симметричные кабели как среду передачи информации.

В 1985 году Ассоциация электронной промышленности США (Electronic Industries Association – EIA) приступила к созданию стандарта для телекоммуникационных кабельных систем зданий. Подготовку нормативной документации выполняло несколько рабочих групп:

- TR-41.8.1 – рабочая группа по кабельным системам офисных и промышленных зданий;
- TR-41.8.2 – рабочая группа по кабельным системам жилых зданий и зданий офисного типа с низким коэффициентом использования полезной площади;
- TR-41.8.3 – рабочая группа по кабельным каналам для телекоммуникационных кабелей;
- TR-41.8.4 – рабочая группа по магистральным кабельным системам жилых зданий и зданий офисного типа с низким коэффициентом использования полезной площади;
- TR-41.8.5 – рабочая группа по формализации терминов и определений;
- TR-41.7.2 – рабочая группа по заземлению и строительным решениям;
- TR-41.7.3 – рабочая группа по электромагнитной совместимости.

В 1988 году к работе по стандартизации подключилась Ассоциация телекоммуникационной промышленности США (Telecommunications Industry Association – TIA). В октябре 1990 года был одобрен первый подготовленный этими организациями совместный нормативный документ – TIA/EIA-569 «Стандарт коммерческих зданий на кабельные пути телекоммуникационных кабелей» [11], подготовленный рабочей группой TR-41.8.3. Необходимость его принятия была обусловлена осознанием факта о невозможности построения высокоэффективной кабельной системы без предъявления комплекса специальных требований к архитектуре здания, в котором она должна быть установлена.

В 1989 году известная американская исследовательская организация Underwriters Laboratories (UL) совместно с фирмой Anixter разработали новую классификацию кабелей на витых парах. В ее основу было положено понятие «уровень». Толкование уровней представлено в табл. 1.2.

Результатом деятельности рабочей группы TR-41.8.1 стал стандарт телекоммуникационных кабельных систем коммерческих зданий TIA/EIA-568, который был одобрен в июле 1991 года. Этот документ определял структуру кабельной системы и требования

¹ Не все производители активного сетевого оборудования гарантируют его нормальное функционирование в среде с волновым сопротивлением 150 Ом. Таким образом, кабельная система IBM не обеспечивает полной универсальности и независимости от приложений.

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 |

к характеристикам кабелей и разъемов, применяемых для ее построения. Для построения системы 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. Документ не сертифицировал волоконно-оптический разъем [13].

В ноябре 1991 года рабочая группа TR-41.8.1 выпустила дополнительные спецификации на симметричные электрические кабели из неэкранированных витых пар – технический бюллетень TIA/EIA TSB-36 [14]. В этом документе впервые вводилось понятие категорий кабелей из неэкранированных витых пар, которые были определены практически в полном соответствии с уровнями по классификации UL и Anixter (табл. 1.3). Фактически произошла только смена термина, и классификация по уровням перестала применяться. Первые два уровня витых пар для низкоскоростных приложений в бюллетене TSB-36 не специфицированы.

Таблица 1.3. Соответствие различных стандартов [12]

| Наименование | Международные | Американские | Европейские |
|---|------------------------------------|---|-------------|
| Общие характеристики кабельной системы | ISO/IEC 11801 | TIA/EIA-568-A | EN 50173 |
| Планирование, инсталляция и администрирование | ISO/IEC 14763-1 ISO/IEC 14763-2 | TIA/EIA-569 TIA/EIA-606 TIA/EIA-607 | prEN 50174 |
| Испытания | CD 14763-3 CD 14763-4 | TSB-67 | |
| Прокладка кабеля | | TIA/EIA-569A | |

В другом дополнении к стандарту TIA/EIA-568 – техническом бюллетене TIA/EIA TSB-40 [15] – были описаны дополнительные спецификации на разъемы для кабелей из неэкранированных витых пар. Они также подразделялись на категории 3, 4 и 5. Бюллетень предписывал использовать разъемы категорией не ниже категории кабелей, на которые они устанавливались.

В октябре 1995 года увидела свет вторая редакция стандарта TIA/EIA-568 – TIA/EIA-568-A, – которая включала в себя и уточняла все основные положения технических спецификаций бюллетеней TSB-36 и TSB-40. Наиболее существенное отличие от предшествующего документа состояло в том, что применение коаксиального кабеля не рекомендовалось для построения вновь создаваемых СКС и одновременно было разрешено использование одномодовых волоконно-оптических кабелей в магистральных подсистемах.

В январе 1993 года был одобрен еще один важный нормативный документ, подготовленный рабочей группой TR-41.8.3, – TIA/EIA-606 «Стандарт на администрирование телекоммуникационной инфраструктуры коммерческих зданий» [16]. Стандарт определяет правила ведения документации по СКС на этапе эксплуатации – маркировка, ведение записей, правила оформления схем, отчеты и т.д. Документ рекомендовал ведение документации в электронном виде.

Еще один смежный стандарт – TIA/EIA-607 – принимается в августе 1994 года. Он включает в себя требования к различным устройствам заземления, применяемым в здании. Традиционно основным назначением системы заземления было обеспечение безопасности эксплуатации электроустановок, то есть защита человека от поражения электрическим током. Стандарт TIA/EIA-607 определяет дополнительные требования к организации систем заземления, выполнение которых является необходимым условием обеспечения эффективной и надежной передачи электрических сигналов по СКС. Документы TIA/EIA-568-A, TIA/EIA-569, TIA/EIA-606 и TIA/EIA-607 являются национальным стандартами США.

Быстрое совершенствование средств волоконно-оптической техники, снижение ее стоимости и массовое внедрение в состав кабельной проводки зданий офисного типа позволили применять при построении СКС структуры с так называемым централизованным администрированием. Переход к этому принципу позволяет существенно упростить процесс администрирования СКС. Возможные варианты и правила их построения описаны в техническом бюллетене TSB-72, изданном в октябре 1995 года.

В августе 1996 года появляется технический бюллетень TSB-75, который существенно расширил возможности проектировщиков и служб эксплуатации кабельной системы так называемых открытых офисов.

В сентябре 1998 года был принят технический бюллетень TSB-95, в котором содержалась информация о дополнительных контролируемых параметрах канала категории 5. Соответствие этих параметров норме является необходимым условием обеспечения нормальной работы приложения Gigabit Ethernet.

В мае 1999 года подкомитет по стандартизации TR.42.2 утвердил стандарт TIA/EIA-570-A, нормирующий оптические разъемы, используемые в абонентских розетках. Согласно этому нормативному документу в новых СКС на рабочих местах наряду с разъемами типа SC допускалась установка малогабаритных разъемов нового поколения.

К 2000 году подкомитет TR-42 ассоциации TIA опубликовал ряд приложений к стандарту TIA/EIA-568-A, которые, вероятнее всего, без каких-либо существенных изменений войдут в новую редакцию американского стандарта (рабочее название TIA/EIA-568-B), так, в частности, дополнение 1 задает количественные ограничения на параметры delay и skew. В дополнении 5 определены характеристики улучшенной категории 5е, которые превосходят нормы упомянутого выше технического бюллетеня TSB-95.

Параллельно с TIA/EIA работу над стандартизацией СКС вели 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». Его содержание имеет принципиальные отличия от стандарта TIA/EIA-568-A, связанные в основном со структурой документа, с различной терминологией и с глубиной проработки некоторых положений. Дополнительно отметим, что стандарт ISO/IEC 11801 допускает применение витых пар с волновым сопротивлением в 120 Ом и многомодовых оптических кабелей с волокнами 50/125, популярных в некоторых европейских странах. Европейская организация по стандартизации CENELEC подготовила свой стандарт

EN50173¹, окончательная редакция которого увидела свет в августе 1995 года. Его англоязычная версия в содержательной своей части практически является копией международного стандарта ISO/IEC 11801.

Стандарты ISO/IEC и CENELEC постоянно развиваются и дополняются. Наиболее значительные изменения в этой области за последнее время произошли в 1999–2000 годах, когда была принята целая группа новых нормативно-технических документов.

В начале 2000 года увидела свет дополненная редакция стандарта ISO/IEC 11801, в которой введен ряд новых параметров и уточнены значения традиционных параметров отдельных компонентов и трактов на основе витых пар. Выполнение требований, изложенных в этом нормативном документе, обеспечивает передачу в горизонтальной подсистеме информационных потоков сетевых интерфейсов Gigabit Ethernet и аналогичных им.

В 1999 году принимается стандарт ISO/IEC 14763-1 [17], являющийся аналогом американского стандарта TIA/EIA-606 и определяющий правила администрирования кабельной системы.

Процедуры тестирования электрических кабельных линий различных видов, построенных в соответствии со стандартом ISO/IEC 11801, нормирует стандарт CEI/IEC 61935-1 [18].

Аналогичный документ ISO/IEC TR 14763-3 [19] задает процедуры тестирования волоконно-оптических кабельных линий.

Документ ISO/IEC TR 14763-2 [20] регламентирует процесс разработки и создания кабельной разводки, начиная с планирования и составления спецификации и заканчивая организацией проведения монтажных работ и составления спецификации.

Все три основных стандарта достаточно близки друг к другу и подробно нормируют основной комплекс вопросов, связанных с построением СКС (табл. 1.3). Определенные отличия непринципиального характера имеются как в перечне допустимой для построения СКС элементной базы (табл. 1.4) и предельно допустимых параметрах отдельных компонентов, так и в терминологии и глубине освещения некоторых вопросов. На практике именно из-за последнего обстоятельства в различных ситуациях приходится пользоваться как международным стандартом ISO/IEC 11801, так и американским стандартом TIA/EIA-568-A, а также дополняющими его техническими бюллетенями TSB. Тем не менее можно констатировать, что за прошедшие десять лет удалось в значительной степени преодолеть имеющиеся первоначальные различия: известные на середину 2000 года версии основных нормативно-технических документов СКС отличаются друг от друга значительно меньше. Общая структура СКС показана на рис. 1.1.

Кроме международных стандартов в ряде европейских стран действуют свои национальные нормативные документы, учитывающие требования местной промышленности, исторические традиции, законодательные акты смежных областей и другие особенности. Ссылки на такие документы могут встречаться в сопроводительной технической документации в случае поступления оборудования СКС в рамках

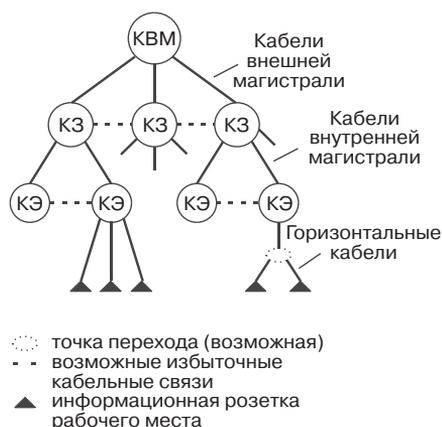


Рис. 1.1. Структурная схема СКС

¹ EN – Europe Norm.

Таблица 1.4. Основные отличия между стандартами [21]

| Стандарт | ISO/IEC 11801 | EN 50173 | TIA/EIA-568-A |
|-----------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Поддерживаемый кабель | UTP, FTP, STP | UTP, FTP, STP | UTP, STP |
| Кабель с $Z_0 = 120 \text{ Ом}$ | Допускается | Допускается | Не допускается |
| Диаметр проводника, мм | 0,40–0,65 | 0,40–0,6 | 0,511–0,643 |
| Число пар в горизонтальном кабеле | 2 или 4 | 2 или 4 | 4 |
| Категория компонентов | 3, 4 и 5 | 3 и 5 | 3, 4 и 5 |
| Затухание кабелей для шнуров | Больше на 50% | Больше на 50% | Больше на 20% |
| Оптоволокно 62,5/125 | Основное | Основное | Основное |
| Оптоволокно 50/125 | Альтернативное | Альтернативное | Не допускается |
| Экранированное гнездо | Допускается | Допускается | Не допускается |
| Категории кабелей рабочего места | 5 + 3 | 5 + 5 | 5 + 3 |

реализации комплексных проектов. Так, в своей практической деятельности авторам данной монографии приходилось достаточно часто сталкиваться со ссылками на нормы DIN/VDE, так как кабельная система ICCS достаточно активно и в течение длительного времени – вплоть до продажи в начале 2000 года этого направления бизнеса американской фирме Corning – продвигалась на российском рынке немецким концерном Siemens. По данным сервера www.cabletesting.com, своя нормативная база, ориентированная в основном на положения американских стандартов, имеется в Австралии и Новой Зеландии. Сразу же отметим, что известные авторам данной работы национальные нормы не имеют принципиальных расхождений с международными, европейскими и американскими стандартами. Эти документы отличаются главным образом используемой терминологией и глубиной проработки отдельных положений. Поэтому в дальнейшем они специально не рассматриваются и упоминаются только в случае необходимости.

К сожалению, по состоянию на середину 2000 года в России только разворачивалась работа по созданию национального стандарта по телекоммуникационным кабельным системам, которые можно рассматривать как аналог соответствующих зарубежных. Поэтому излагаемый далее материал базируется на международных стандартах и национальных стандартах США. Отечественными нормативными документами, дополнительно использованными при написании этой работы, являются Правила устройства электроустановок (ПУЭ), а также некоторые ГОСТы по правилам выполнения проектных работ, оформления проектной документации и тестированию кабельных изделий.

1.2. Структура СКС

1.2.1. Топология СКС

В основу любой структурированной кабельной системы положена древовидная топология, которую иногда называют также структурой иерархической звезды. Обобщенная структурная схема СКС изображена на рис. 1.2. Узлами структуры являются коммутационное оборудование различного вида (в соответствии с терминологией стандарта ISO/IEC 11801 дистрибьютор – distributor), которое обычно устанавливается в технических

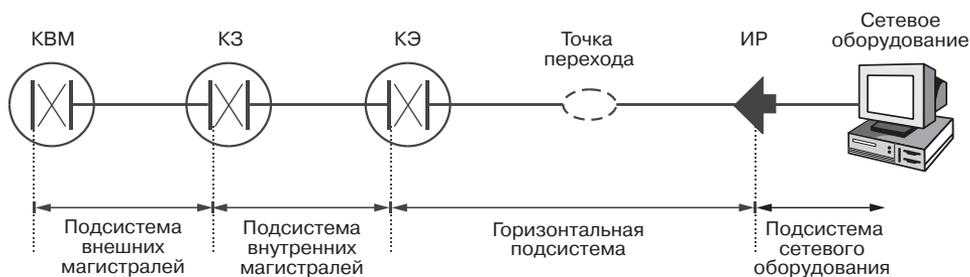


Рис. 1.2. Подсистемы СКС

помещениях и соединяется друг с другом и с информационными розетками на рабочих местах электрическими и оптическими кабелями. Стандарты не регламентируют тип коммутационного оборудования, определяя только его параметры. Для монтажа и дальнейшей эксплуатации коммутационного оборудования необходимы технические помещения. Все кабели, входящие в технические помещения, обязательно заводятся на коммутационное оборудование, на котором осуществляются все необходимые подключения и переключения в процессе строительства и текущей эксплуатации кабельной системы. Это обеспечивает гибкость СКС, возможность легкой переконфигурации и адаптируемости под конкретное приложение.

Основой для применения именно иерархической звездообразной топологии является возможность ее использования для поддержки работы всех основных сетевых приложений (см. табл. 1.5). Из данных таблицы следует вывод о том, что топология рассматриваемого вида является той платформой, которая обеспечивает функционирование современных средств передачи данных.

Таблица 1.5. Логическая и физическая топология современных сетей передачи данных

| Протокол | Логическая топология | Физическая топология |
|-----------------------|----------------------|----------------------|
| Token Ring | Кольцо | Кольцо, звезда |
| High Speed Token Ring | Кольцо | Кольцо, звезда |
| FDDI | Кольцо | Кольцо, звезда |
| Ethernet | Шина | Шина, звезда |
| Fast Ethernet | Шина | Звезда |
| Gigabit Ethernet | Шина | Звезда |
| ATM | Виртуальный канал | Кольцо, звезда |

1.2.2. Технические помещения

Технические помещения, необходимые для построения СКС и информационной системы предприятия, в целом делятся на аппаратные и кроссовые.

Аппаратной в дальнейшем называется техническое помещение, в котором наряду с коммутационным оборудованием СКС располагается сетевое оборудование коллективного пользования (АТС, серверы, концентраторы). Если основной объем установленных в этом

помещении технических средств составляет оборудование ЛВС, то его иногда называют серверной, а если учрежденческая АТС и системы внешних телекоммуникаций – узлом связи. Аппаратные оборудуются фальшполами, системами пожаротушения, кондиционирования и контроля доступа.

Кроссовая представляет собой помещение, в котором размещается коммутационное оборудование СКС, сетевое и другое вспомогательное оборудование. Желательно ее размещение вблизи вертикального стойка, оборудование телефоном и системой контроля доступа. При этом уровень оснащения кроссовой оборудованием инженерного обеспечения ее функционирования в целом является более низким по сравнению с аппаратными. Кроссовые на практике достаточно часто называют просто техническими (этажными) помещениями, встречается также наименование «хабовые»

Аппаратная может быть совмещена с кроссовой здания (КЗ). В этом случае его сетевое оборудование может подключаться непосредственно к коммутационному оборудованию СКС. Если аппаратная расположена отдельно, то ее сетевое оборудование подключается к локально расположенному коммутационному оборудованию или к обычным информационным розеткам рабочих мест. В кроссовую внешних магистралей (КВМ) сходятся кабели внешней магистрали, подключающие к ней КЗ. В КЗ заводятся внутренние магистральные кабели, подключающие к ним кроссовые этажей (КЭ). К КЭ, в свою очередь, горизонтальными кабелями подключены информационные розетки рабочих мест. В качестве дополнительных связей, увеличивающих гибкость и живучесть системы, допускается прокладка внешних магистральных кабелей между КЗ и внутренними магистральными кабелями между КЭ (пример изображен на рис. 1.1).

Во всей СКС может быть только одна КВМ, а в каждом здании может присутствовать не более одной КЗ. Допускается объединение КВМ с КЗ, если они расположены в одном здании. Аналогично КЗ может быть совмещена с КЭ, если они расположены на одном этаже. Если плотность рабочих мест на этаже или его части мала, то в качестве исключения допускается подключение к КЭ горизонтальных кабелей смежных этажей. Пример структуры СКС с привязкой к зданиям приведен на рис. 1.3.

1.2.3. Подсистемы СКС

В самом общем случае СКС, согласно международному стандарту ISO/IEC 11801, включает в себя три подсистемы (рис. 1.2):

- *подсистема внешних магистралей* (campus backbone cabling, магистраль комплекса зданий) или по терминологии некоторых СКС европейских производителей первичная подсистема, состоит из внешних магистральных кабелей между КВМ и КЗ, коммутационного оборудования в КВМ и КЗ, к которому подключаются внешние магистральные кабели, и коммутационных шнуров и/или перемычек в КВМ. Подсистема внешних магистралей является основой для построения сети связи между компактно расположенными на одной территории зданиями (campus). На практике эта подсистема достаточно часто имеет физическую кольцевую топологию, что дополнительно обеспечивает увеличение надежности за счет наличия резервных кабельных трасс. Из этих же соображений подсистема внешних магистралей иногда реализуется по двойной кольцевой топологии. Если СКС устанавливается автономно только в одном здании, то подсистема внешних магистралей отсутствует;
- *подсистема внутренних магистралей* (building backbone cabling), называемая в некоторых СКС магистральной системой здания, вертикальной или вторичной подсистемой,

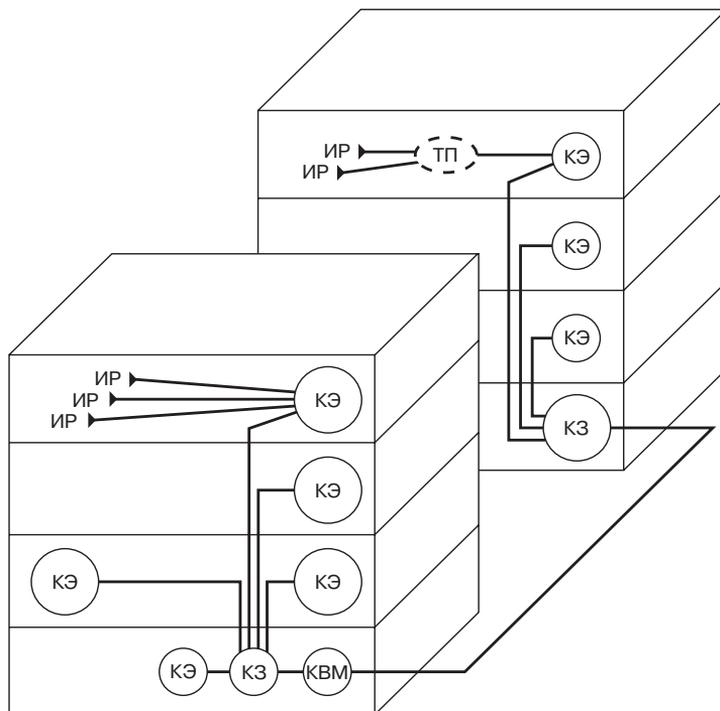


Рис. 1.3
Пример структуры СКС
с привязкой к зданиям

содержит проложенные между КЗ и КЭ внутренние магистральные кабели, подключенное к ним коммутационное оборудование в КЗ и КЭ, а также коммутационные шнуры и/или перемычки в КЗ. Кабели рассматриваемой подсистемы фактически связывают между собой отдельные этажи здания и/или пространственно разнесенные помещения в пределах одного здания. Если СКС обслуживает один этаж, то подсистема внутренних магистралей может отсутствовать;

- *горизонтальная подсистема* (horizontal cabling), иногда называемая третичной подсистемой, образована внутренними горизонтальными кабелями между КЭ и информационными розетками рабочих мест, самими информационными розетками, коммутационным оборудованием в КЭ, к которому подключаются горизонтальные кабели, и коммутационными шнурами и/или перемычками в КЭ. В составе горизонтальной проводки допускается использование одной точки перехода, в которой происходит изменение типа прокладываемого кабеля (например, переход на плоский кабель для прокладки под ковровым покрытием с эквивалентными передаточными характеристиками).

Рассматриваемое здесь деление СКС на отдельные подсистемы применяется независимо от вида или формы реализации сети, то есть оно будет одинаковым, например, для офисной и производственной сети.

Иногда из соображений удобства проектирования и эксплуатационного обслуживания применяется более мелкое дробление оборудования СКС на отдельные подсистемы. Так, например, элементы подключения сетевого оборудования к СКС в кроссовой выделяются в отдельную административную подсистему, а шнуры, адаптеры и другие элементы, необходимые на рабочих местах, образуют отдельную подсистему рабочего места и т.д.

В самом общем случае СКС, согласно действующим редакциям международных нормативно-технических документов, включает в себя восемь компонентов:

- линейно-кабельное оборудование подсистемы внешних магистралей;
- коммутационное оборудование подсистемы внешних магистралей;
- линейно-кабельное оборудование подсистемы внутренних магистралей;
- коммутационное оборудование подсистемы внутренних магистралей;
- линейно-кабельное оборудование горизонтальной подсистемы;
- коммутационное оборудование горизонтальной подсистемы;
- точки перехода;
- информационные розетки.

В подавляющем большинстве случаев подключение к СКС сетевого оборудования производится с помощью коммутационного шнура. В некоторых ситуациях кроме шнура может понадобиться адаптер, обеспечивающий согласование сигнальных и механических параметров оптических или электрических интерфейсов (разъемов) СКС и сетевого оборудования. Например, адаптеры применяются для подключения к СКС сетевого оборудования с интерфейсами V.24 (RS-232 C), устройств кабельного телевидения, систем IBM AS/400 с терминалами 5250, терминальных контроллеров IBM 3274 и терминалов 3270, а также дополнительных приложений, которые разрабатывались для других кабельных систем.

Подсистема рабочего места обеспечивает подключение сетевого оборудования на рабочих местах. Применяемое для ее реализации оборудование целиком и полностью зависит от конкретного приложения. Она не является частью СКС и выходит за рамки действия стандартов ISO/IEC 11801 и TIA/EIA-568-A, хотя эти нормативные документы накладывают на ее параметры и характеристики определенные ограничения, более подробно обсуждаемые ниже.

1.2.4. Коммутация в СКС

Принципиальная особенность любой СКС состоит в том, что коммутация в ней, в отличие от электронных АТС и сетевого компьютерного оборудования, всегда производится вручную коммутационными шнурами и/или переключателями. Наиболее важным следствием такого подхода является то, что функционирование СКС принципиально не зависит от состояния электропитающей сети. Введение в состав СКС элементов электронной или электромеханической коммутации немедленно влечет за собой обязательное использование в оборудовании штатного источника электропитания. С экономической и технической точек зрения такое решение абсолютно неоправданно на нынешнем этапе развития техники: среднее количество переключений одного порта в действующей системе составляет единицы раз в год, а источник питания обладает существенно меньшей эксплуатационной надежностью по сравнению с пассивными компонентами, образующими кабельную систему. Обратной стороной отказа от применения штатного источника электропитания можно назвать:

- необходимость использования коммутационных шнуров, которые существенно ухудшают массогабаритные показатели коммутационного оборудования и требуют применения специальных мер для решения задач администрирования;
- невозможность введения в состав СКС штатных коммутаторов, контроллеров, датчиков и другого аналогичного оборудования, что снижает удобство эксплуатации, увеличивает время поиска неисправности, затрудняет текущую диагностику и т.д.

Известны лишь отдельные доведенные до серийного производства разработки, направленные на внедрение активных компонентов в некоторые подсистемы СКС. Однако они носят вспомогательный характер (опрос состояния портов, индикация, коммутация сигналов низкоскоростных приложений), не затрагивают процесс передачи информационных сигналов и не нормируются действующими стандартами и предложениями по их перспективному редакциям.

1.2.5. Принципы администрирования СКС

Принципы администрирования (иначе управления) СКС целиком и полностью определяются ее структурой. Различают одноточечное и многоточечное администрирование. Под *многоточечным администрированием* понимают управление СКС, которая построена по классической архитектуре иерархической звезды. Основным признаком этого варианта является необходимость выполнения переключения минимум двух шнуров в общем случае изменения конфигурации. Использование данного принципа гарантирует наибольшую гибкость управления и возможность адаптации СКС для поддержки новых приложений.

Архитектура *одноточечного администрирования* применяется в тех ситуациях, когда требуется максимально упростить управление кабельной системой. Принципиально может использоваться только для СКС, установленных в одном здании и не имеющих магистральной подсистемы. Ее основным признаком является прямое соединение всех информационных розеток рабочих мест с единственным техническим помещением. Несложно убедиться в том, что одноточечное администрирование может быть использовано только в небольших сетях и упрощает процесс управления кабельной системой благодаря выполнению всех коммутаций шнурами в одном месте.

1.2.6. Кабели СКС

Одним из удачных способов повышения технико-экономической эффективности кабельных систем офисных зданий является минимизация типов кабелей, применяемых для их построения. В СКС согласно международному стандарту ISO/IEC 11801 допускается использование только:

- симметричных электрических кабелей на основе витой пары с волновым сопротивлением 100, 120 и 150 Ом в экранированном и неэкранированном исполнении;
- одномодовых и многомодовых оптических кабелей.

Электрические кабели используются в основном для создания горизонтальной разводки. По ним передаются как телефонные сигналы и низкоскоростные данные, так и данные высокоскоростных приложений. Применение оптических решений в горизонтальной подсистеме в настоящее время встречается достаточно редко, хотя их доля растет очень быстрыми темпами (решения в рамках концепции *fiber to the desk*). В подсистеме внутренних магистралей электрические и оптические кабели применяются одинаково часто, причем электрические кабели предназначены для передачи главным образом телефонных сигналов и данных с тактовыми частотами до 1 МГц, тогда как оптические кабели обеспечивают передачу данных высокоскоростных приложений. На внешних магистралях оптические кабели играют доминирующую роль.

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 [6]), которые обычно обслуживают групповое устройство (концентратор системы передачи данных, выносной модуль АТС, контроллер инженерной системы здания и т.д.). Прямое использование волоконно-оптического кабеля для передачи телефонных сигналов и низкоскоростных данных на современном этапе развития техники является экономически нецелесообразным и применяется в тех ситуациях, когда другие решения невозможны или же выдвигаются особые требования в отношении защиты информации от несанкционированного доступа. Поэтому для улучшения технико-экономической эффективности сети в целом процесс преобразования низкоскоростного электрического сигнала в оптический обычно совмещается с мультиплексированием.

Для построения горизонтальной подсистемы стандартами допускается применение экранированного и неэкранированного кабелей. Экранированный симметричный кабель потенциально обладает лучшими электрическими, а в некоторых случаях и прочностными характеристиками по сравнению с неэкранированным. Однако этот кабель является очень критичным к качеству выполнения монтажа и заземления, имеет заметно большую стоимость и худшие массогабаритные показатели. Поэтому пока основным кабелем для передачи электрических сигналов по СКС, по крайней мере в нашей стране, являются кабели на основе неэкранированных витых пар¹. Как было отмечено выше, стандарты разрешают строить СКС на электрических кабелях с волновым сопротивлением 100, 120 и 150 Ом. При этом две последние разновидности кабелей часто обладают заметно лучшими характеристиками. Однако в силу целого ряда причин технического и экономического плана они не получили широкого распространения в нашей стране.

Многомодовые волоконно-оптические кабели используются в основном в качестве основы подсистемы внутренних магистралей. Одномодовые волоконно-оптические кабели рекомендуется применять только для построения длинных внешних магистралей.

Коаксиальные кабели не включаются в число разрешенных к применению в новых стандартах и исключаются из очередных редакций старых стандартов. Это объясняется низкой надежностью сетей, построенных на их основе, невысокой технологичностью и более высокой стоимостью по сравнению с кабелями на основе витых пар.

Для обеспечения возможности работы по СКС сетевой аппаратуры с коаксиальным и триаксиальным интерфейсом используется широкая номенклатура адаптеров различных видов.

1.3. Понятие классов и категорий и их связь с длинами кабельных трасс

1.3.1. Классы приложений, категории кабелей и разъемов СКС

Действующая редакция стандарта ISO/IEC 11801 подразделяет все виды приложений, которые могут обмениваться данными по витым парам, на 4 класса – А, В, С и D (табл. 1.6). Класс А считается низшим классом, а класс D высшим. Для приложений каждого класса определяется соответствующий класс линии связи, который задает предельные электрические характеристики линии, необходимые для нормальной работы приложений соответствующего и более низкого класса (табл. 1.7). К приложениям оптического класса относятся те из них, которые используют в качестве среды передачи сигнала оптический кабель. На момент

¹ Экранированные конструкции играют преобладающую роль только в некоторых странах отличающейся «зелеными» настроениями Европы, например в Германии.

Таблица 1.6. Классы приложений по ISO/IEC 11801

| Класс линии | Определение и приложения |
|-------------|---|
| A | Телефонные каналы и низкочастотный обмен данными. Максимальная частота сигнала – 100 кГц |
| B | Приложения со средней скоростью обмена. Максимальная частота сигнала – 1 МГц |
| C | Приложения с высокой скоростью обмена. Максимальная частота сигнала – 16 МГц |
| D | Приложения с очень высокой скоростью обмена. Максимальная частота сигнала – 100 МГц |
| Оптический | Приложения, использующие в качестве среды передачи сигнала оптический кабель. Частоты 10 МГц и выше |

Таблица 1.7. Соответствие категорий кабелей и соединителей классам приложений

| TIA/EIA-568-A | ISO/IEC 11801 Кабели и соединители | EN 50173 | ISO/IEC 11801 Приложения |
|---------------|---------------------------------------|-------------|-----------------------------|
| – | – | – | A |
| – | – | – | B |
| Категория 3 | Категория 3 | Категория 3 | C |
| Категория 4 | Категория 4 | – | – |
| Категория 5 | Категория 5 | Категория 5 | D |
| – | Категория 6 | – | E |
| – | Категория 7 | – | F |

принятия стандарта ширина полосы пропускания для таких приложений не являлась ограничивающим фактором.

Интересно также отметить, что стандарт ISO/IEC 11801 не предполагает приложений и линий с максимальной частотой передачи 20 МГц, соответствующих 4-й категории разъемов и кабелей. Это обусловлено отсутствием популярных сетевых приложений с максимальными частотами сигнала от 16 до 20 МГц.

В некоторых европейских странах иногда практикуется введение дополнительных классов приложений. Так, например, в немецкоязычной технической литературе приложения с верхней граничной частотой 200 МГц иногда называют приложениями класса D+, тогда как приложения с граничной частотой 300 МГц обозначаются приложениями класса D++.

Стандарты ISO/IEC 11801 и TIA/EIA-568-A в дополнение к кабелям специфицируют по категориям разъемы. Категории определяются максимальной частотой сигнала, на которую рассчитаны соответствующие разъемы и кабели (табл. 1.8). Кабели и разъемы более высоких категорий поддерживают все приложения, рассчитанные на работу по кабелям более низких категорий.

В сентябре 1997 года IEC начала работу по стандартизации двух новых классов приложений E и F, а также компонентов СКС для категорий 6 и 7¹. Параллельно производится работа над так называемой улучшенной категорией 5 (категорией 5+ или 5e) с верхней

¹ В качестве базы для стандарта категории 7 был принят немецкий стандарт DIN 44312-5.