

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	11
--------------------------	----

Часть I

Базовые сведения о структурированной кабельной системе и ее электрические компоненты	13
---	----

Глава I

Введение в структурированные кабельные системы	15
1.1. Концепция кабельной системы	15
1.2. Кабельная система — основа телекоммуникационной инфраструктуры здания	16
1.3. Телекоммуникационная кабельная система — капитальная инженерная система здания	17
1.4. «Интеллектуальное» здание	17
1.5. Торговая марка кабельной системы	18
1.6. Сертификация кабельных систем	18

Глава II

Базовые сведения о структурированной кабельной системе	20
2.1. Определения структурированной, исключительной и централизованной кабельных систем	20
2.2. Преимущества структурированной кабельной системы по сравнению с исключительной кабельной системой	21
2.3. История развития и стандартизации структурированных кабельных систем	23

Глава III

Требования и рекомендации международного стандарта ISO/IEC 11801:2002(E) «Информационная технология.

Структурированная кабельная система для территории и зданий заказчика»..... 25

3.1. Общее описание стандарта ISO/IEC 11801:2002(E)	25
3.2. Структура кабельной системы	27
3.3. Топология структурированной кабельной системы	32
3.4. Общие требования стандарта ISO/IEC 11801:2002(E) к функциональным компонентам структурированной кабельной системы.	34
3.4.1. Взаимное соединение подсистем кабельной системы и присоединение к ней активного оборудования	34
3.4.2. Понятия «канал» и «стационарная линия»	37
3.4.3. Общие требования к распределительным устройствам	39
3.4.4. Общие требования к кабелям, шнурам и переключкам	40
3.4.5. Общие требования к информационным розеткам	41
3.4.6. Общие требования к точке консолидации	42
3.4.7. Общие требования к помещениям для элементов СКС, устройствам ввода кабелей в здание и к кабелям внешних сервисов	43
3.5. Электромагнитные характеристики электрической части структурированной кабельной системы	45
3.5.1. Условия, договоренности и ограничения, принятые для спецификаций электромагнитных параметров электрической части СКС	45
3.5.2. Классификация симметричных электрических каналов и линий	47
3.6. Требования стандарта ISO/IEC 11801:2002(E) к электромагнитным параметрам каналов и стационарных линий на основе симметричных электрических кабелей.....	48
3.6.1. Характеристическое полное (волновое) сопротивление.....	48
3.6.2. Возвратные потери (Return Loss)	50
3.6.3. Потери ввода (Insertion Loss)	52
3.6.4. Переходное затухание на ближнем конце (NEXT)	53
3.6.5. «Суммарное» переходное затухание на ближнем конце линии или канала (PSNEXT).....	55

3.6.6. Переходное затухание на дальнем конце (FEXT) и его «суммарное» значение (PSFEXT)	56
3.6.7. Нормированное на потери ввода переходное затухание на ближнем конце (ACR)	57
3.6.8. «Суммарное» нормированное на потери ввода переходное затухание на ближнем конце (PSACR)	60
3.6.9. Нормированное на потери ввода переходное затухание на дальнем конце тракта (ELFEXT).....	61
3.6.10. «Суммарное» нормированное на потери ввода переходное затухание на дальнем конце (PSELFEXT)	62
3.6.11. Задержка сигнала (PD) и перекос задержек (DS)	62
3.6.12. Характеристики каналов и стационарных линий по постоянному току	63
3.7. Администрирование структурированной кабельной системы	66
3.7.1. Понятие администрирования СКС	66
3.7.2. Требования международного стандарта ISO/IEC 14763-1: 1999(E) к администрированию СКС	66
3.7.3. Программные и аппаратные средства администрирования кабельной системы	72

Глава IV

Изготовление структурированной кабельной системы и требования стандарта ISO/IEC 11801:2002(E) к ее электрическим компонентам	75
4.1. Рекомендации стандарта ISO/IEC 11801:2002(E) к реализации электрической части структурированной кабельной системы	75
4.1.1. Общие требования	75
4.1.2. Реализация горизонтальной подсистемы	76
4.1.3. Реализация магистральных подсистем	79
4.2. Компонентный состав реальной структурированной кабельной системы	81
4.3. Симметричные электрические кабели для структурированных кабельных систем	82
4.3.1. Требования стандарта ISO/IEC 11801:2002(E) к симметричным электрическим кабелям	82

4.3.2. Классификация кабелей по пожарной опасности	84
4.3.3. Американская классификация кабелей по назначению	87
4.3.4. Цветовая маркировка проводников в зарубежных кабелях	88
4.3.5. Конструкции симметричных электрических телекоммуникационных кабелей	89
4.3.6. Надписи на внешней оболочке кабеля	90
4.4. Распределительные устройства	91
4.4.1. Технология IDC — современная технология электрического соединения проводников с контактами устройств	91
4.4.2. Виды и назначение распределительных устройств	92
4.5. Информационные разъемы	93
4.6. Точки консолидации	95
4.7. Требования стандарта ISO/IEC 11801:2002(E) к соединительным устройствам	96
4.8. Требования стандарта ISO/IEC 11801:2002(E) к шнурам коммутационным, шнурам оборудования и к шнурам рабочего места	99
4.9. вспомогательные средства и компоненты для построения реальной кабельной системы	101
4.10. Специализированный инструмент и монтаж кабелей и разъемов высоких категорий	101
4.11. Тестирование электрических линий и каналов структурированной кабельной системы	103
4.11.1. Общие сведения о тестировании структурированной кабельной системы	103
4.11.2. Оборудование для тестирования кабельной системы в «полевых» условиях	105
4.11.3. Практические рекомендации по тестированию СКС	108

Часть II

Базовые сведения об оптоволоконне и волоконно-оптические компоненты структурированной кабельной системы.....	109
---	------------

Глава V

Введение в волоконно-оптическую технику связи	111
5.1. Предварительные замечания	111
5.2. Основные волоконно-оптические понятия и термины.....	112
5.3. Преимущества волоконно-оптических линий связи и трудности при их использовании	113
5.4. Структурная схема волоконно-оптической линии связи	115

Глава VI

Базовые сведения об оптоволоконне	117
6.1. Волоконные световоды	117
6.1.1. Определение волоконного световода	117
6.1.2. Принцип действия оптоволоконна на лучевом языке	118
6.1.3. Понятие электромагнитных волн	121
6.1.4. Принцип действия оптоволоконна на волновом языке	122
6.1.5. Понятие моды электромагнитных волн	122
6.1.6. Профили показателя преломления оптоволокон.....	126
6.1.7. Изготовление оптоволокон и их технологические параметры	127
6.2. Параметры оптоволокон	129
6.2.1. Влияние параметров оптоволоконна на качество линий связи	129
6.2.2. Числовая апертура оптоволокон	129
6.2.3. Виды потерь света при его передаче по ВОЛС	132
6.2.4. Рассеяние и поглощение света в оптоволоконне	133
6.2.5. Световой импульс	138
6.2.6. Дисперсия световых волн в оптоволоконне и искажения формы светового импульса	140
6.2.7. Коэффициент широкополосности оптоволоконна	145

Глава VII

Волоконно-оптические компоненты

структурированной кабельной системы	149
7.1. Компонентный состав волоконно-оптической части структурированной кабельной системы	149
7.2. Волоконно-оптические кабели	150
7.2.1. Кабели внешней прокладки	150
7.2.2. Внутриобъектовые кабели.....	152
7.3. Соединители оптоволокон	154
7.3.1. Неразъемные соединители (сплайсы)	155
7.3.2. Разъемные соединители (коннекторы и адаптеры)	158
7.4. Волоконно-оптические распределительные устройства	160
7.5. Технологии оконцевания оптоволоконна коннекторами.....	162

Глава VIII

Оконцевание оптоволоконна и монтаж сплайсов	165
8.1. Клеевая технология и инструмент	166
8.2. Бесклеевая технология и инструмент	167
8.3. Монтаж механического сплайса.....	168
8.4. Изготовление сварного сплайса.....	168

Глава IX

Тестирование оптоволоконных линий и каналов СКС ...	170
--	-----

Глава X

Идеальный коннектор	172
10.1. Техника безопасности при работе с оптоволоконном	172
10.2. Виды брака при оконцевании волокна коннекторами	174
10.3. Признаки идеального коннектора	175

Глава XI

Требования международного стандарта ISO/IEC 11801:2002(E) к волоконно-оптической части СКС	178
11.1. Общие замечания	178
11.2. Каналы оптических классов	179
11.3. Топология оптических каналов	181
11.4. Требования стандарта ISO/IEC 11801:2002(E) к ослаблению в волоконно-оптических каналах СКС.....	183
11.5. Требования к волоконно-оптическим кабелям.....	184
11.6. Требования к оптоволоконным соединительным устройствам	186
11.7. «Полярность» коннекторов и адаптеров	188

Глава XII

Новейшие технологии волоконно-оптической техники	190
---	------------

Заключение	193
-------------------------	------------

Приложения

Приложение I.1	195
Приложение I.2.....	197
Приложение I.3.....	199
Приложение I.4.....	200
Приложение II.1	201
Приложение II.2	202
Приложение II.3	203
Приложение II.4	204
Список литературы	205
Предметный указатель	208

Предисловие

Книга имеет целью кратко познакомить читателя с основами структурированных кабельных систем и помочь ему свободно ориентироваться в этой бурно развивающейся отрасли корпоративных телекоммуникаций.

К сожалению, на сегодняшний день в России отсутствует национальный стандарт на структурированные кабельные системы, отечественная терминология в этой области не устоялась, техническая литература по этой тематике немногочисленна, разрознена и изобилует неточностями, производство большинства компонентов современных кабельных систем на территории России не налажено.

В этих условиях специалистам в области телефонии, локальных вычислительных сетей, телевидения и других телекоммуникационных систем зданий приходится зачастую принимать решения, далекие от оптимальных по финансовым затратам, трудоемкости и долговечности кабельного хозяйства своего предприятия.

Для поддержки и обучения специалистов, проектирующих, устанавливающих и эксплуатирующих корпоративные телекоммуникации и информационные системы, сотрудниками компании АйТи был подготовлен специальный курс по структурированным кабельным системам, который читается в Академии АйТи с 1996 года, и опубликована книга [1], выдержавшая пять изданий в России и одно за рубежом [2].

Сегодня, после выхода в свет в 2001–2002 г.г. обновленных редакций американского и международного стандартов на структурированные кабельные системы, а также ряда дополнительных стандартов, относящихся к этой области, упомянутый курс [3, 4] существенно переработан и обновлен. Его содержание и легло в основу этой книги, состоящей из двух частей: «I. Базовые сведения о структурированной кабельной системе и ее электрические компоненты» и «II. Базовые сведения о волоконно-оптической технике и волоконно-оптические компоненты структурированной кабельной системы»

В отличие от [1] книга предназначена, в первую очередь, для начинающих специалистов и, поэтому, не может сравниться с [1] по полноте материала. Опытным

специалистам она может быть полезна для систематизации знаний и ознакомления с требованиями стандартов в действующей сегодня редакции.

Автор выражает благодарности своим учителям в этой области: специалистам компании АйТи г.г. Семенову А. Б., Сунчелею И. Р., Космовскому В. Н. — за полезные обсуждения технических вопросов; своим коллегам по Академии АйТи: ректору Академии АйТи г. Морозову И. О. и сотрудникам отдела обучения г.г. Соболеву Д. О., Цветкову Н. С. — за моральную и организационную поддержку работы над обновленным курсом Академии АйТи и этой книгой, а также директору издательства «АйТи-Пресс» г. Логиновой А. Ю. — за помощь в выпуске ее в свет.

Часть I

Базовые сведения о структурированной кабельной системе и ее электрические компоненты

Глава I

Введение в структурированные кабельные системы

1.1. Концепция кабельной системы

Слаботочные кабельные системы в зданиях стали переосмысливаться специалистами в 80-х годах 20 века, когда началось массовое производство персональных компьютеров и объединение их в локальные вычислительные сети (ЛВС). К этому моменту в промышленных зданиях обычным было присутствие отдельных кабельных проводок для телефонии, телевидения и ряда других специальных инженерных систем. Как правило, эти системы предъявляли невысокие требования к электромагнитным характеристикам линий и каналов связи, организуемых с помощью кабельной проводки. Появление быстродействующих ЛВС потребовало и более быстродействующих каналов связи, и возникшую задачу самостоятельно решали разработчики ЛВС, начиная от выбора кабелей и их прокладки, и кончая их терминированием и измерениями.

Поскольку ЛВС разрабатывали и поставляли различные фирмы, постольку кабельные части этих ЛВС реализовывались по-разному, хотя проблемы были общие и одинаковые. В 1984 году фирмой IBM впервые для ЛВС была предложена кабельная система, т. н. IBM Cabling System, которая включала в себя кабели, соединители кабелей, распределительные панели (англ. patch panels) и лицевые платы (англ. face plates) [5]. Впервые были классифицированы кабели: их разделили на 9 типов по назначению и конструкции, а типы 4 и 7 были названы, но их характеристики не были оговорены в расчете на будущее. ЛВС продолжали развиваться и проблемы, связанные с совместимостью аппаратуры и кабельных проводок, получаемых потребителями от различных поставщиков, нарастали.

Стало очевидно, что телекоммуникации в зданиях должны выполняться по единым правилам, иметь одинаковые средства коммутации и подключения

оборудования, обеспечивать заранее известные параметры среды передачи данных. Начала формироваться концепция *кабельной системы*, т. е. устройства, выполненного из компонентов стандартизованного ряда, построенного по модульному принципу, обладающего заранее заданными характеристиками, которые достаточны для обеспечения работоспособности телефонов, компьютеров и другой радиоэлектронной аппаратуры, присоединенной к этой кабельной системе.

Удивительно, но эти идеи, давно принятые и реализованные, например, в машиностроении (стандартный ряд резьбовых соединений, подшипников, размеров автомобильных шин и т. п.), только теперь начали проникать в область телекоммуникаций внутри зданий.

1.2. Кабельная система — основа телекоммуникационной инфраструктуры здания

Современное здание, в котором люди работают (т. е. здание министерства, учебного заведения, администрации завода, научного института, больницы и т. п.), буквально «опутано» кабелями разного вида и назначения. Во-первых, это — кабели для обеспечения здания электричеством и, во-вторых, — кабели для слаботочных телекоммуникационных инженерных систем здания: телефонной связи, охраны и сигнализации, ЛВС и т. п.

Вопросы электрического энергоснабжения и, соответственно, построения силовой кабельной проводки для энергосистем зданий выходят за рамки этой книги — здесь будет говориться только о слаботочных телекоммуникационных кабельных системах.

Как же обеспечить все инженерные телекоммуникационные системы здания необходимыми кабелями? Возможны два пути: первый — для каждой системы проложить по зданию свои кабели, а второй — создать в здании единую *кабельную систему*, которая, будучи единственной, позволит обслуживать активное оборудование всех инженерных систем.

Этот второй путь и является сегодня предпочтительным и наиболее распространенным. В современных зданиях создаются единые кабельные системы, которые и составляют основу *телекоммуникационной инфраструктуры* предприятия, фирмы, учебного заведения или организации. Этот процесс распространился сегодня также и на жилые здания.

Необходимо заметить, что не все инженерные системы здания легко интегрируются в рамках единой кабельной системы. Причиной этого являются, по крайней мере, три обстоятельства: традиционная разобщенность разработчиков специальной аппаратуры (телефонной, компьютерной, противопожарной, охранной и т. п.), «межведомственные барьеры» между различными подразделениями одного и того же предприятия и специфические требования некоторых систем (например, требования секретности). Тем не менее, сегодня наблюдается тенденция к взаимной увязке систем по уровням токов и напряжений, по способам передачи информации, по разъёмным соединениям и т. д.

Кстати, естественное наличие кабелей в любой инженерной системе здания часто приводит к тому, что специалисты никак не могут «оторвать» в своих представлениях кабели от своей системы. Однако сегодня необходимо понять, что кабельная система здания не «принадлежит» ни одной инженерной системе. Она «принадлежит» зданию и территории предприятия. Она позволяет соединять между собой блоки практически любых радиоэлектронных систем и этим самым становится *основой всей телекоммуникационной инфраструктуры*.

1.3. Телекоммуникационная кабельная система — капитальная инженерная система здания

Монтаж кабельной системы в здании возможен тогда, когда оно приспособлено для этого: имеются и соответствующим образом оборудованы кабельные трассы, выделены помещения для распределительных устройств и т. п. Проще всего приспособить здание к кабельной системе в момент его проектирования, т. е. в тот момент, когда проектируются его три основные капитальные системы: водопровод и канализация, отопление и вентиляция, электроснабжение. Эти три системы являются капитальными: они служат на протяжении всего срока эксплуатации здания. Телекоммуникационная кабельная система, если она спроектирована и инсталлирована соответствующим образом, тоже может служить 15–20 лет и, таким образом, также является *капитальной системой*. Обслуживается она тоже как капитальная система: регулярные осмотры и проверки, профилактический ремонт, регламентные работы, переключения, тесты и т. п.

Очень часто сегодня телекоммуникационная кабельная система монтируется в уже существующем здании, которое для нее не приспособлено. Поэтому, при проектировании кабельной системы начинают именно с выпуска строительных чертежей на переделку здания, на приспособление его к будущей кабельной системе. Имеются сегодня и парадоксальные примеры, когда вновь строящееся здание («из стекла и бетона») абсолютно не приспособлено к современной кабельной системе, словно не будет в этом здании ни телефонов, ни компьютеров, ни видеокамер, ни сигнальных датчиков.

1.4. «Интеллектуальное» здание

В современном здании можно насчитать десятки инженерных систем. Это — телевидение (эфирное и кабельное), ЛВС и телефония, системы охраны и сигнализации, противопожарная система и много других. Здание становится похожим на авиалайнер или на морской корабль, управление им требует глубоких знаний и высокой квалификации. Говорят, что современное здание становится *«интеллектуальным»* (англ. smart building) [6]. Концепция интеллектуального здания получает сегодня все большее распространение среди проектировщиков–строителей, и имеются уже реальные здания (за рубежом и в России), которые в полной мере можно отнести к интеллектуальным. Такие здания оборудуются автоматизированной

системой управления зданием (АСУЗ) и расходы на эксплуатацию здания существенно снижаются [7].

Отметим, что наличие капитальной единой кабельной системы является одним из характерных признаков интеллектуального здания. Неслучайно, в связи с этим, появление в США [8] стандарта на кабельную проводку для системы автоматизации здания (англ. Building Automation System (BAS)).

1.5. Торговая марка кабельной системы

Кабельная система здания состоит из нескольких видов компонентов (кабели, коммутирующие устройства и т. д.), а ее инсталляция в здании требует дополнительных изделий (кабельные каналы, шкафы, стойки и пр.). Номенклатура этих компонентов и изделий, выпускаемых промышленностью, весьма обширна (сотни и тысячи наименований). Правила и нормы проектирования и монтажа современной телекоммуникационной кабельной системы достаточно новы и сложны; измерительное оборудование, применяемое при ее тестировании, весьма специфично, методы и средства управления кабельной системой нормированы стандартами. Все это делает кабельную систему сложным и комплексным товаром. Неслучайно то, что все известные фирмы-поставщики кабельных систем вырабатывают собственные приемы проектирования, ограничивают число используемых компонентов, нормируют методы монтажа и тестирования. К этому добавляется, как правило, собственная система подготовки проектировщиков и монтажников и отличная от других процедура предоставления гарантий. Очень часто эти же фирмы разрабатывают и производят компоненты кабельных систем.

Все перечисленное приводит к тому, что у каждой кабельной системы появляется собственное «лицо», специфика. Она отражается присвоением кабельной системе *торговой марки*, под которой и распространяется кабельная система на рынке информационных технологий. При этом масштабы и конкретные реализации самих кабельных систем различны, но особенности торговой марки легко видны в каждой реализации. Количество торговых марок кабельных систем велико: только на территории России сегодня можно насчитать десятки различных названий.

1.6. Сертификация кабельных систем

Поскольку телекоммуникационная кабельная система является товаром, ей, как правило, должен сопутствовать документ, который удостоверяет ее качество, происхождение, гарантии и другие свойства, т. е. *сертификат*. Оформление и выпуск такого документа и есть процесс сертификации кабельной системы. Если этот документ выпускается уполномоченным государственным органом, то это — *государственный сертификат*, если это делает фирма-поставщик товара или независимая фирма, то это — *сертификат фирмы*.