

Е. Б. Алексеев, В. Н. Гордиенко, В. В. Крухмалев,
А. Д. Моченов, М. С. Тверецкий

Проектирование и техническая эксплуатация цифровых телекоммуникационных систем и сетей

Под редакцией
В. Н. Гордиенко и М. С. Тверецкого

2-е издание

*Рекомендовано УМО по образованию
в области телекоммуникаций в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальностям
«Многоканальные телекоммуникационные системы»,
«Сети связи и системы коммутации»,
«Физика и техника оптической связи»
направления «Телекоммуникации»*

Москва
Горячая линия – Телеком
2012

УДК 621.39(075)

ББК 32.88

П79

А в т о р ы : Е. Б. Алексеев, В.Н. Гордиенко, В.В. Крухмалев,
А.Д. Моченов, М.С. Тверецкий

Р е ц е н з е н т ы : доктор техн. наук, профессор *А.Х. Султанов*;
канд. техн. наук, профессор *Б.Г. Спасский*

П79 Проектирование и техническая эксплуатация цифровых телекоммуникационных систем и сетей. Учебное пособие для вузов / Е.Б. Алексеев, В.Н. Гордиенко, В.В. Крухмалев и др.; Под ред. В.Н. Гордиенко, М.С. Тверецкого. – 2-е изд., испр. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 392 с.: ил.

ISBN 978-5-9912-0254-3.

Рассмотрены основные положения по организации систем управления и технической эксплуатации сетей и средств электросвязи на современном этапе развития Единой сети электросвязи (ЕСЭ) РФ, вопросы оптимизации решений при проектировании и организации технической эксплуатации ЦСП.

Для студентов вузов, обучающихся по направлению «Телекоммуникации», будет полезно специалистам проектных и эксплуатационных предприятий связи.

ББК 32.88

Адрес издательства в Интернет www.techbook.ru

Учебное издание

Алексеев Евгений Борисович, **Гордиенко** Владимир Николаевич,
Крухмалев Владимир Васильевич, **Моченов** Анатолий Дмитриевич
Тверецкий Михаил Серафимович

Проектирование и техническая эксплуатация цифровых телекоммуникационных систем и сетей

Учебное пособие

Обложка художника В.Г. Ситникова
Верстка Ю.Н. Рысева

Подписано в печать 02.03.2012. Формат 60×90/16.
Усл. изд. л. 24,5. Тираж 300 экз. (1-й завод 100 экз.). Изд. № 12254

ISBN 978-5-9912-0254-3

© Е.Б. Алексеев, В. Н.Гордиенко,
В.В. Крухмалев и др., 2008, 2012

© Издательство «Горячая линия–Телеком», 2012

Введение

Основой электросвязи Российской Федерации является Единая сеть электросвязи (ЕСЭ) РФ, обеспечивающая предоставление услуг электросвязи пользователям на территории России.

Единая сеть электросвязи РФ – сеть электросвязи, состоящая из расположенных на территории Российской Федерации сетей связи следующих категорий: сетей общего пользования (ОП), выделенных сетей, технологических сетей, сетей связи специального назначения и других сетей передачи информации при помощи электромагнитных систем. До 2003 г. использовался термин Взаимоувязанная сеть связи Российской Федерации (ВСС РФ).

Единая сеть электросвязи РФ базируется на принципе организационно-технического единства, заключающемся в проведении единой технической политики, применении единого комплекса максимально унифицированных технических средств, единой номенклатуры типовых каналов и сетевых трактов.

По функциональному принципу сети ЕСЭ разделяются на транспортные сети и сети доступа.

Транспортной является та часть сети связи, которая выполняет функции переноса (транспортирования) потоков сообщений от их источников из одной сети доступа получателям сообщений другой сети доступа.

Сетью доступа сети связи является та ее часть, которая связывает источник (приемник) сообщений с узлом доступа, являющимся граничным между сетью доступа и транспортной сетью.

По способам организации каналов в сети ЕСЭ разделяются на первичные и вторичные.

Первичные сети ЕСЭ РФ предназначены для организации и предоставления во вторичные сети типовых сетевых трактов, типовых каналов передачи и типовых физических цепей.

На основе типовых трактов, типовых каналов передачи и типовых физических цепей первичных сетей ЕСЭ РФ с помощью узлов и станций коммутации организуются различные *вторичные сети* для транспортировки, коммутации и распределения сигналов в службах электросвязи.

На базе вторичных сетей организуются системы электросвязи, представляющие собой комплекс технических средств, осуществляющих элек-

тросвязь определенного вида и включающие в себя соответствующую вторичную сеть и подсистемы нумерации, сигнализации, учета стоимости и расчетов с абонентами, технического обслуживания и управления. Система электросвязи может включать в себя одну или несколько служб электросвязи и одну или несколько сетей электросвязи.

Служба электросвязи представляет собой организационно-техническую структуру на базе сети связи (или совокупности сетей электросвязи), обеспечивающую обслуживание связью пользователей с целью удовлетворения их в определенном наборе услуг электросвязи.

Все сети и службы ЕСЭ РФ управляются соответствующими системами управления, обеспечивающими выполнение службами и системами связи определенных требований в части их устойчивого функционирования.

По территориальному делению сети ЕСЭ РФ разделяются на международные, междугородные, зоновые и местные (городские и сельские).

Международные сети связи – сети электросвязи, технологически сопряженные с сетями связи других государств.

Междугородные (магистральные) сети связи – технологически сопряженные сети электросвязи, образуемые между центром Российской Федерации и центрами субъектов Федерации, а также центрами субъектов Федерации между собой.

Зоновые (региональные) сети связи – технологически сопряженные сети электросвязи, образуемые в пределах территории одного субъекта Федерации.

Местные сети связи – технологически сопряженные сети электросвязи, образуемые в пределах административной или определенной по иному принципу территории, не относящиеся к региональным сетям связи.

Междугородная, зоновые и часть местных цифровых наложенных первичных сетей являются основой транспортной цифровой сети связи России. Местные первичные сети на участке «местный узел – оконечное устройство» в соответствии с новой терминологией являются сетью доступа.

В структуру ЕСЭ РФ входят следующие системы электросвязи ОП: телефонной связи, телеграфной связи, факсимильной связи, передачи газет, передачи данных, распределения программ звукового вещания, распределения программ телевизионного вещания. По мере развития средств связи структура систем связи ЕСЭ РФ может претерпевать изменения за счет интеграции ряда систем и образования их новых видов.

Сообщения, передаваемые в ЕСЭ РФ в реальном масштабе времени, в зависимости от степени важности содержащейся в них информации, подразделяются на три класса. Класс важности сообщения требует определенной степени надежности соединения при передаче этого сообщения.

Для передачи сообщений I класса должна обеспечиваться организация трех независимых путей между сетевыми узлами (узлами привязки), к которым подключается арендатор каналов. Для передачи сообщений II класса необходимо иметь два независимых пути между узлами привязки либо один путь с использованием системы резервирования. Для передачи сообщений III класса достаточно одного пути между узлами привязки. Сообщения, передаваемые по коммутируемым сетям ОП, относятся к III классу.

На современном этапе развития совершенствование средств электро-связи и сети в целом идет по трем направлениям: цифровизация, оптоковизация и компьютеризация. Преимущества ЦСП по сравнению с АСП и принципы их технической реализации были известны несколько десятков лет назад. Однако по-настоящему цифровизация сетей стала возможной немногим более 20 лет назад с появлением новой техники проводной связи – ВОСП. И сегодня, на современном этапе развития, процесс цифровизации – это не только постоянное увеличение числа действующих на сети ЦСП по сравнению с АСП (в канало-километрах), но и постоянное совершенствование методов передачи и обработки сообщений на основе цифровых трактов и каналов (появление новых технологий СЦИ и АТМ, гибкого мультиплексирования, организация сетевой тактовой синхронизации), что создает предпосылки в недалеком будущем к переустройству всей сети связи на качественно новом уровне.

Основные преимущества ВОСП, во многом предопределившие процесс развития цифровизации, также хорошо известны – это увеличение пропускной способности и сокращение числа промежуточных пунктов волоконно-оптической линии передачи. И сегодня, на современном этапе развития, процесс оптоковизации – это не только постоянное совершенствование средств волоконной оптики и опто-электронных устройств, это не только массовое внедрение ВОСП на соединительных линиях первичной сети общего пользования, а в будущем и создания оптической транспортной сети, но и реальная возможность оптоковизации сетей доступа и малоканальной сельской первичной сети, что создает предпосылки к созданию широкополосной цифровой сети с интеграцией служб.

Наряду с развитием процессов цифровизации и оптоковизации на сети постоянно совершенствуются полупроводниковая элементная база, микропроцессорная (МП) техника и программное обеспечение операционных систем, что явилось основой и для компьютеризации средств связи. И сегодня, на современном этапе развития, компьютеризация – это не только широкое применение МП-средств и ПТК в устройствах эксплуатационного контроля аппаратуры, телеконтроля и управления, диспетчерских пунктах контроля и управления сетью на различных уровнях иерархии

системы технической эксплуатации, это не только применение МП и ПТК в составе измерительной техники и при математическом моделировании на этапах разработки и проектирования, но и применение непосредственно для автоматизации и совершенствования основных функций передачи и обработки передаваемой информации при установлении соединения, что создает предпосылки для совершенствования концепции технической эксплуатации и управления средств электросвязи и всей сети связи в целом на новом качественном уровне.

На современном этапе развития сети электросвязи все три направления совершенствования средств электросвязи органически связаны друг с другом. Новая техника связи – это, как правило, высокоскоростные ЦСП на оптическом кабеле с высоким уровнем программного обеспечения.

Оглавление

Введение	3
Часть I. Проектирование цифровых телекоммуникационных систем и линий передачи	7
Глава 1. Общие принципы проектирования	8
1.1. Основы системного подхода к проектированию систем и линий передачи.....	8
1.2. Исходные данные на проектирование. Основные проектные документы.....	11
1.3. Основные этапы проектирования	17
1.4. Общие положения по проектированию волоконно-оптических линий передачи	27
1.5. Основные положения по проектированию подвесных волоконно-оптических линий передачи	32
Глава 2. Основы расчета показателей надежности каналов и трактов передачи.....	36
2.1. Основные понятия и определения.....	36
2.2. Показатели надежности невозстановливаемых объектов.....	38
2.3. Показатели надежности восстанавливаемых объектов.....	40
2.4. Расчет показателей надежности	42
2.5. Пути повышения надежности	43
2.6. Инженерный расчет показателей надежности ВОЛП.....	44
2.7. Оценка эффективности мероприятий по повышению надежности.....	49
Глава 3. Оптимизация проектирования систем и линий передачи при организации резервирования	52
3.1. Постановка задачи оптимизации	52
3.2. Методы оптимизации	54
3.3. Особенности оптимизация структуры резерва высоконадежных объектов.....	58
3.4. Организация резервирования в сетях СЦИ	60
3.5. Типовые примеры резервирования.....	65
3.6. Пример планирования сети СЦИ на перспективу.....	69

Список литературы

Глава 4. Нормирование параметров цифровых каналов и трактов при проектировании СП и ЛП	79
4.1. Общие принципы нормирования. Основные определения	79
4.2. Основные нормируемые показатели качества функционирования цифровых каналов и трактов	84
4.3. Целевые нормы на параметры ошибок в цифровых трактах	89
Глава 5. Проектирование и расчет протяженности участков ЛП	93
5.1. Расчет длины регенерационного участка ЦСП по электрическим кабелям	93
5.2. Расчет участков волоконно-оптической линии передачи.....	108
5.3. Особенности проектирования ВОЛП на базе СЦИ	124
Часть II. Техническая эксплуатация и управление ЦСП	159
Глава 6. Основные положения по организации технической эксплуатации и управления	160
6.1. Организация процесса технической эксплуатации	160
6.2. Организация систем технической эксплуатации и управления	172
Глава 7. Организация технического обслуживания ЦСП в процессе эксплуатации	192
7.1. Назначение и взаимодействие руководящих станций при эксплуатации АСП и ЦСП ПЦИ.....	192
7.2. Измерения при эксплуатации ЦСП	196
7.3. Общие положения по техническому обслуживанию ЦСП в процессе эксплуатации	204
7.4. Правила технической эксплуатации ЦСП ПЦИ	206
7.5. Система технической эксплуатации и управления ЦСП СЦИ	215
Глава 8. Организация системы тактовой сетевой синхронизации в сетях СЦИ	240
8.1. Общие положения	240
8.2. Режимы работы тактовой сетевой синхронизации	243
8.3. Общие принципы построения сети ТСС	247
8.4. Синхронизация в сетях СЦИ	249
Глава 9. Оптимизация решений по организации технической эксплуатации по критерию надежности.....	261
9.1. Оптимизация периода ПТО по минимуму коэффициента простоя	261
9.2. Оптимизация периода ПТО по минимуму затрат	263
9.3. Оптимизация поиска неисправности при организации КТО	264
9.4. Оптимизация комплекта ЗИП	266

Список литературы

9.5. Оптимизация КТО при ограниченном количестве средств восстановления.....	269
9.6. Оптимальная стратегия восстановления.....	279
Глава 10. Эксплуатационные нормы.....	288
10.1. Общие положения.....	288
10.2. Эксплуатационные нормы на параметры ошибок в трактах СЦИ.....	290
10.3. Эксплуатационные нормы на параметры ошибок в секциях мультиплексирования СЦИ.....	297
10.4. Эксплуатационные нормы на параметры ошибок в трактах ПЦИ.....	298
10.5. Порядок испытаний и принятия решений о вводе в эксплуатацию цифровых трактов и секций мультиплексирования.....	302
10.6. Нормы на максимальное значение фазовых флуктуаций на иерархических стыках цифровой сети.....	310
Глава 11. Порядок приемки и ввода в эксплуатацию. Паспортизация ЦСП.....	314
11.1. Общие положения.....	314
11.2. Паспортизация ЦСП ПЦИ.....	314
11.3. Паспортизация ЦСП СЦИ.....	321
11.4. Паспортизация ВОСП-СР.....	322
Глава 12. Принципы организации линейно-аппаратных цехов и ведения производственной документации.....	335
12.1. Линейно-аппаратный цех.....	335
12.2. Общие положения по ведению производственной документации.....	341
12.3. Перечень и порядок заполнения форм производственной документации.....	342
Приложение 1. Параметры оптических стыков.....	354
Приложение 2. Типовые формы производственной документации.....	369
Перечень основных сокращений и обозначений.....	378
Список литературы.....	381