

Министерство путей сообщения РФ
Иркутский государственный университет путей сообщения

Кафедра телекоммуникационных систем

ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ

Методическое пособие для выполнения курсового проекта по дисциплине
“Многоканальная связь”, “Цифровые системы передачи” студентами
специальности 210700 “Автоматика, телемеханика и связь на
железнодорожном транспорте ”

Иркутск 2004

УДК 621.39: 656.2

Дмитриев А.А., Шувалов А.В. Цифровые системы передачи:
Методическое пособие. – Иркутск: ИрГУПС, 2003. – 54 с.

Изложены методика и порядок выполнения курсового проекта по дисциплине “Передача дискретной информации”.

В данном курсовом проекте рассматриваются вопросы проектирования цифровой сети связи на базе волоконно-оптической линии передачи с использованием аппаратуры синхронной цифровой иерархии.

Пособие предназначено для студентов специальности 210700 – “Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте ” и может быть полезно широкому кругу работников, связанных с цифровыми системами передачи данных.

Ил.15. табл.12. Библиогр: 7 назв.

Рецензенты: доктор технических наук Ю.Б. Башкуев, проф.;
А.В. Парщиков, гл. инженер службы НИС ВСЖД

Иркутский государственный университет путей сообщения, 2004

ОГЛАВЛЕНИЕ

	СТР.
Введение	4
1. Разработка архитектуры сети	7
1.1. Организация маршрутов	7
1.2. Определение числа каналов	7
1.3. Организация резервных трактов	11
1.4. Определение топологии сети	11
1.4.1. Топология "точка-точка"	12
1.4.2. Топология "последовательная линейная цепь"	12
1.4.3. Топология "звезда", реализующая функцию концентратора	13
1.4.4. Топология "кольцо"	13
1.5. Архитектура сети связи	14
1.5.1. Радиально-кольцевая архитектура	14
1.5.2. Архитектура типа "кольцо-кольцо"	15
1.5.3. Линейная архитектура для сетей большой протяженности	16
2. Выбор систем связи	17
2.1. Расчёт скорости систем передачи	17
2.2. Выбор требуемого числа систем передачи	17
2.3. Выбор ПОМ и ПРОМ	18
2.4. Совместимость между аппаратурой разных уровней связи	18
3. Выбор среды передачи	19
3.1. Выбор марки ОВК	19
3.2. Расчет длин регенерационных секций	20
4. Сеть управления телекоммуникациями TMN	21
4.1. Выбор модели управлению сетью	21
4.2. Выбор архитектуры TMN	21
4.2.1. Функциональные блоки и их компоненты	22
4.2.2. Информационный аспект архитектуры	24
4.3. Проектирование	24
5. Синхронизация сетей связи SDH	25
5.1. Методы синхронизации	25
5.2. Режимы работы и качество хронизирующего источника	26
5.3. Построение сети синхронизации	28
6. Расчёт надёжности проектируемой сети	28
7. Размещение оборудования в ЛАЗе на ОП	30
7.1. Требования к помещению ЛАЗа	30
7.2. Размещение оборудования в ЛАЗе	32
Библиографический список	33
Приложение	34
Номенклатура аппаратуры SDH компаний производителей	34
Разновидности оптоволоконных кабелей	42
Передающие и принимающие оптические модули	50
Примеры используемых чертежей	51

Введение

В настоящее время - связь один из наиболее быстро развивающихся элементов инфраструктуры общества. Телекоммуникационные технологии как самостоятельные понятия возникли в середине века, но уже сейчас наблюдается их проникновение во все сферы человеческой деятельности. Не осталась в стороне от этого процесса и транспортная система страны.

Для обеспечения эффективной работы железнодорожного транспорта необходима современная система управления технологическими процессами и сферами деятельности железнодорожного транспорта. Реорганизация системы управления тесно связана с использованием новых телекоммуникационных технологий, средств вычислительной техники.

Сеть связи железных дорог позволяет решать ряд ключевых задач управления грузовыми и пассажирскими перевозками, обработки статической информации, выполнение финансовых расчетов, бухгалтерского учета, инженерных расчетов и других задач, связанных с хозяйственной деятельностью отрасли.

Существующие сети связи построены на кабельных, воздушных линиях и уплотнены аналоговой аппаратурой, которая в основе своей морально, физически устарела и не отвечает объему и качеству передаваемой информации. Это в значительной мере сдерживает процессы информатизации.

За основу технического перевооружения устройств железнодорожной автоматики, телемеханики и связи принято внедрение новых информационных технологий и цифровых систем передачи данных с применением волоконно-оптических линий связи; спутниковых систем связи; цифровых и автоматических телефонных станций; цифровых радиорелейных систем связи.

Основные цели, задачи и пути развития телекоммуникаций определены программами их развития на железнодорожном транспорте. Для реализации этих программ необходима цифровая сеть связи, обеспечивающая высокие скорости передачи и показатели надежности и качества, широкие функциональные возможности, позволяющие адаптировать сеть связи к структурным перестройкам системы управления. Сеть связи является фундаментом системы информатизации и всей системы управления отраслью.

Построение сети связи железнодорожного транспорта определяется конфигурацией сети железных дорог и структурой управления. Поэтому одна из основных особенностей построения первичных сетей связи на железнодорожном транспорте – организация по одной и той же кабельной линии передачи, проложенной вдоль полотна железной дороги, одновременно всех видов магистральных, дорожных и отделенческих связей. Это обстоятельство непосредственно влияет на структуру

построения первичной сети и предъявляет особые требования к системам передачи.

Первичная сеть связи как основа системы электросвязи РЖД определяет ее главные качественные характеристики: надежность, пропускную способность, управляемость и технико-экономические показатели. По этим характеристикам цифровые первичные сети существенно превосходят аналоговые благодаря высокому уровню унификации, интеграции цифровых технических средств, удовлетворяющих концепции открытых систем.

На основе прогнозов развития вторичных сетей электросвязи РЖД и опыта создания цифровых сетей за рубежом можно сформулировать ряд принципов построения перспективной первичной сети:

первичная сеть должна быть цифровой на всех уровнях;

линии передачи необходимо организовать только на основе стандартных цифровых каналов и трактов;

первичная сеть должна иметь такие структурные и функциональные характеристики, чтобы имелась возможность ее использования для любых вторичных сетей общего пользования, ведомственных, частных и т.п.;

топология первичной сети должна экономично реализовать структуры всех вторичных сетей электросвязи и быть оптимальной с точки зрения их постепенной интеграции;

первичная сеть должна содержать систему управления для поддержки заданных показателей надежности и качества функционирования;

должна обеспечиваться возможность существенного расширения пропускной способности по мере предоставления пользователям вторичных сетей новых услуг, требующих широкополосных каналов (например, в сети оперативно-технологической связи: видеосвязь, видеоконференции, промышленное телевидение, связь компьютерных сетей в реальном масштабе времени).

Утверждение о том, что первичная сеть должна быть цифровой, не нуждается в аргументации. Это позволяет существенно повысить темпы появления цифрового оборудования и обеспечить координацию внедрения цифровой техники передачи с аналогичными средствами распределения информации на вторичных сетях.

Железнодорожные первичные и вторичные сети целесообразно строить, исходя из критерия надежности, т.е. выбора таких характеристик сети передачи, при которых она функционирует с заданным качеством при допустимых экономических показателях.

Сеть связи РЖД составляют первичная сеть связи (ПСС) и вторичная сеть связи (ВСС).

Развитие науки и ускорение технического прогресса невозможны без совершенствования средств связи, систем сбора, передачи и обработки информации. Интенсивное развитие новых информационных технологий в последние годы привело к бурному развитию микропроцессорной техники, которая стимулировала развитие цифровых методов передачи

информации. В конечном счёте, это привело к созданию новых высокоскоростных технологий глобальных сетей: PDH, SONET, SDH, ISDN, Frame Relay и ATM. Одной из наиболее современных технологий, используемых в настоящее время для построения сетей связи, является технология синхронной цифровой иерархии SDH.

Интерес к SDH обусловлен тем, что эта технология пришла на смену импульсно-кодовой модуляции РСМ (ИКМ) и плезиохронной цифровой иерархии PDH (ПЦИ) и стала интенсивно внедряться в результате массовой установки современных зарубежных цифровых АТС, позволяющих оперировать потоками 2 Мбит/с, и создания в регионах локальных колец SDH.

Синхронная цифровая иерархия (СЦИ) обладает существенными преимуществами по сравнению с системами предшествующих поколений, позволяет полностью реализовать возможности волоконно-оптических и радиорелейных линий передачи (ВОЛП и РРЛП) и создавать гибкие, удобные для эксплуатации и управления сети, гарантируя высокое качество связи. Таким образом, концепция SDH позволяет оптимально сочетать процессы высококачественной передачи цифровой информации с процессами автоматизированного управления, контроля и обслуживания сети в рамках единой системы.

Системы СЦИ обеспечивают скорости передачи от 155 Мбит/с и выше и могут транспортировать как сигналы существующих цифровых систем (например, распространённых на городских сетях ИКМ-30), так и новых перспективных служб, в том числе широкополосных. Аппаратура СЦИ является программно управляемой и интегрирует в себе средства преобразования, передачи, оперативного переключения, контроля, управления.

Благодаря появлению современных волоконно-оптических кабелей (ВОК) оказались возможными высокие скорости передачи в линейных трактах (ЛТ) цифровых систем передачи с одновременным удлинением секций регенерации до 100 км и более. Производительность таких ЛТ превышает производительность цифровых трактов на кабелях с металлическими парами в 100 и более раз, что радикально увеличивает их экономическую эффективность. Большинство регенераторов оказывается возможным совместить с оконечными или транзитными станциями. Из этого следует, что СЦИ – это не просто новые системы передачи, это и принципиальные изменения в сетевой архитектуре, организации управления. Внедрение СЦИ представляет собой качественно новый этап развития цифровой сети связи.

В данном курсовом проекте рассматриваются вопросы проектирования цифровой сети связи на базе волоконно-оптической линии передачи с использованием аппаратуры синхронной цифровой иерархии.

Цель курсового проекта: получить навыки проектирования цифровой сети связи на ж. д. транспорте, ознакомиться с цифровыми системами

передачи многоканальной связи; провести теоретические исследования параметров линейных трактов и технико-экономических расчетов.

1. РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ СЕТИ

1.1. Организация маршрутов

При проектировании железнодорожной сети связи необходима чёткая организация маршрутов, их положение, направление и архитектура. Организация производится с учётом географического расположения участка, его разветвлённости и протяжённости. Учитывается количество организуемых уровней связи и их резервирование.

Организацию маршрутов произвести с учётом реальной карты заданного участка в виде чертежа, (см. прил. рис.1)

1.2. Определение числа цифровых каналов

Основной сетью связи РЖД является первичная сеть, представляющая собой совокупность сетевых узлов, сетевых станций и линий иерархии, образующих сеть каналов передачи в соответствии с иерархией управления на железнодорожном транспорте. Первичная сеть подразделяется на магистральные, дорожные, отделенческие и станционные сети.

На проектируемом участке необходимо организовать следующие виды связей:

- магистральную - для связи МПС с управлениями железных дорог (МПС -УД), а также управлений между собой (УД-УД);
- дорожную - для связи управления дороги с отделениями (УД - ОД), а также отделений между собой (ОД-ОД);
- отделенческую - для связи отделения дороги с узловыми станциями (ОД – УС), связи узловых станций с линейными (УС – ЛС), а также для связи отделения дороги с линейными станциями (ОД-ЛС) и соседних станций между собой (ЛС. - ЛС).

Для связей, приведенных выше, необходимо организовать следующие виды каналов:

- телефонные (скорость передачи 64 Кбит/с);
- телеграфные (скорость передачи 64 Кбит/с);
- факсимильные (скорость передачи 2 Мбит/с);
- передачи данных (скорость передачи 2 Мбит/с);
- видеоконференций (скорость передачи 10 Мбит/с);

Пример связи МПС-УД, УД-ОД, УД-УД

Таблица 1.2

Процент резервирования каналов на различных уровнях

Уровень сети первичной сети	Резервирование увеличения трафика
Магистральная сеть	100%
Дорожная сеть	50%
Отделенческая сеть	25%

Таблица 1.3

Отделенческий трафик.

Название станций	Ст	Ст	УС	Ст	...	Ст	ОД	Ст	...	Ст	УС	Ст	Ст
Ст		Осн/рез			...		Осн/рез		...				
Ст	Осн/рез		Осн/рез	Осн/рез	...		Осн/рез		...				
УС		Осн/рез		Осн/рез	...		Осн/рез		...				
Ст			Осн/рез		...	Осн/рез	Осн/рез		...				
Ст				Осн/рез	...		Осн/рез		...				
ОД	Осн/рез	Осн/рез	Осн/рез	Осн/рез	...	Осн/рез		Осн/рез	...	Осн/рез	Осн/рез	Осн/рез	Осн/рез
Ст					...		Осн/рез		...	Осн/рез			
...
Ст							Осн/рез	Осн/рез			Осн/рез		
УС					...		Осн/рез		...	Осн/рез		Осн/рез	
Ст					...		Осн/рез		...		Осн/рез		Осн/рез
Ст					...		Осн/рез		...			Осн/рез	
Ст					...		Осн/рез		...				Осн/рез
Ст					...		Осн/рез		...				
ОСНОВНОЙ РЕЗЕРВНЫЙ													

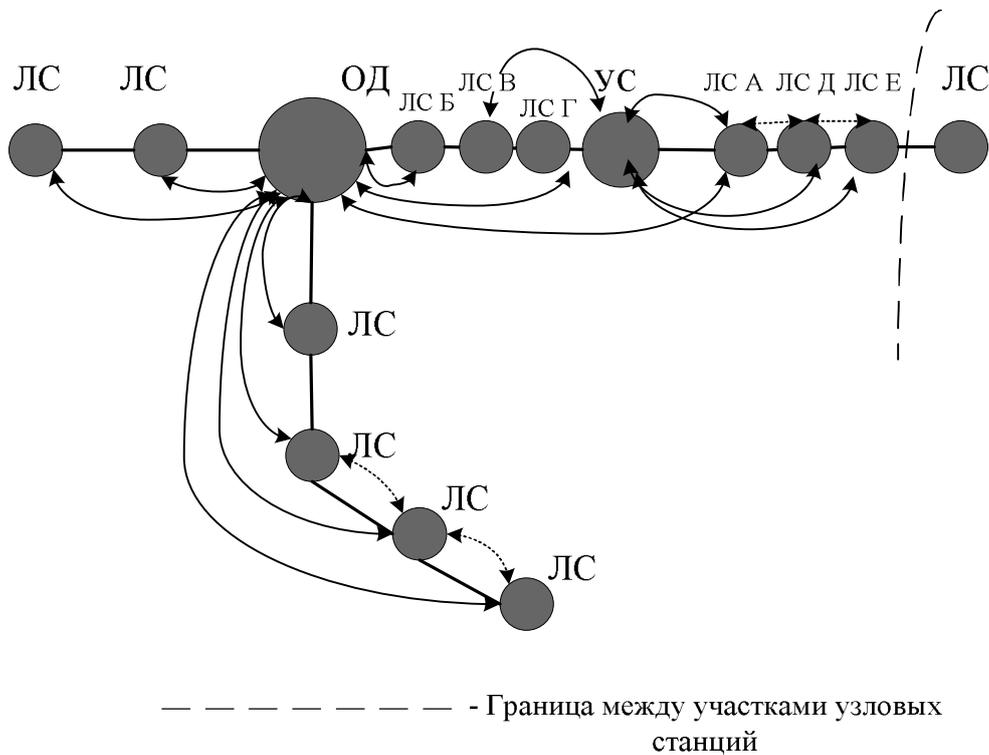


Рисунок 1.3

Пример связи ОД-УС, ОД-ЛС, УС – УС, ЛС-ЛС.

Согласно рисунку 1.3 рассмотрим пример взаимодействия узловой станции (УС) с линейными станциями ЛС А ЛС Б ЛС В ЛС Г ЛС Д ЛС Е. Примечание: Количество линейных станций, входящих в состав узла выбрать не менее 9.

Название станций	ЛС Б	ЛС В	ЛС Г	УС	ЛС А	ЛС Д	ЛС Е	...
ЛС Б		2/1	-	(2+3)/1	-	-	-
ЛС В	2/1		2/1	(2+3)/1	-	-	-
ЛС Г	-	2/1		(2+3+2)/1	-	-	-
УС	(2+3)/1	(2+3)/1	(2+3+2)/1		(2+3+2)/1	(2+3)/1	
ЛС А	-	-	-	(2+3+2)/1		2/1	-
ЛС Д	-	-	-	(2+3)/1	2/1		2/1
ЛС Е	-	-	-	(2+3)/1	-	2/1	
...	

Число каналов осн/рез выбирается по таблице 1.1. В данном примере рассматриваются только УС и ЛС. Соответственно число каналов выбирается из строки УС-ЛС таблицы: (2+3)/1 то есть УС-ЛС Г связаны 2-мя телеграфными и 3-мя телефонными каналами 1 канал в резерве. В случае если линейная станция является соседней с УС, то: (2+3+2)/1 то есть комбинируется связь УС-ЛС и ЛС-ЛС и к 5 каналам добавляется ещё 2 телефонных канала (ЛС-ЛС).

Замечание: ЛС связываются между собой только в случае их соседнего расположения на карте. Если от станции исходят несколько направлений, целесообразно выбрать её узловой. Для удобного представления данных в таблице, станции необходимо заносить в порядке их расположения на карте. ЛС Б и ЛС В взаимодействуют между собой и с УС, с ЛС А связь осуществляется через оборудование УС.

Таким образом, УС соединяется с **каждой** ЛС, входящей в её участок. Заполнение таблицы для УС-УС, ОУ-ОУ происходит аналогично, число каналов выбирается в соответствии с видом связи из таблицы 1.1.

Таблица 1.4

Магистральный и дорожный трафик

Название ведомственных узлов	МПС	УД 1	УД.2	УД 3	ОД	Сумма
МПС		Осн/рез	Осн/рез	Осн/рез	Осн/рез	
УД 1	Осн/рез		Осн/рез	Осн/рез	Осн/рез	
УД 2	Осн/рез	Осн/рез		Осн/рез	Осн/рез	
УД 3	Осн/рез	Осн/рез	Осн/рез		Осн/рез	
ОД 1	Осн/рез	Осн/рез	Осн/рез	Осн/рез		
Сумма						

Таблица 1.5

Маршруты цифровых каналов

Маршруты	Телефонная связь, 64 Кбит/с	Телеграфная связь, 64 Кбит/с	Передача данных, 2Мбит/с	Факсимильная связь, 2 Мбит/с	Видеоконференция, 10 Мбит/с	Телевидение, 6 Мбит/с	Сумма каналов, 64 Кбит/с
1	2	3	4	5	6	7	8
ОСНОВНЫЕ							
Магистральные							
УД – МПС							
УД – МПС							

УД – МПС							
УД – МПС							
УД – МПС							
УД – УД1							
УД – УД2							
УД – УД3							
УД – УДn							
Дорожные							
УД – ОД1							
УД – ОД2							
УД – ОД3							
УД – ОД4							
УД – ОДn							
ОД – ОД							
РЕЗЕРВНЫЕ							
Магистральные							
Дорожные							

1.3. Организация резервных трактов

Одним из основных преимуществ технологии SDH является возможность такой организации сети, при которой достигается не только высокая надежность ее функционирования, обусловленная использованием ВОК, но и возможность сохранения или восстановления работоспособности сети даже в случае отказа одного из ее элементов или среды передачи – кабеля. Такие сети и системы обычно называют самовосстанавливающимися.

Существуют различные методы обеспечения быстрого восстановления работоспособности синхронных сетей, которые могут быть сведены к следующим схемам:

резервирование участков сети по схемам 1+1 и 1:1 по разнесенным трассам;

организация самовосстанавливающихся кольцевых сетей, резервированных по схемам 1+1 (сигналы анализируются и выбирается тот, который имеет наилучшее соотношение параметров) и 1:1 (альтернативным маршрутам назначаются приоритеты низкий и высокий, ветвь с низким приоритетом находится в режиме горячего резерва, переключение на нее происходит по аварийному сигналу от системы управления);

резервирование терминального оборудования по схемам 1:1 и N:1;

восстановление работоспособности сети путем обхода неработоспособного узла;
 резервирование терминального оборудования за счет резервирования трибных интерфейсов. Резервирование трибных двух мегабитных карт для STM-1 по схеме 4:1, и 8:1 – для STM-4;
 восстановление сети за счет исключения поврежденного узла из схемы функционирования. Так, системы управления SDH мультиплексоров обычно дают возможность организовать обходной путь, позволяющий пропускать поток агрегатных блоков мимо мультиплексор в случае его отказа;
 установка в узлах сети систем оперативного переключения, для осуществления реконфигурации сети в случае отказа ее сегмента или узла связи.

Определить, какой вид резервирования будет использован на каждом уровне связи в каждом её узле?

1.4. Определение топологии сети

Рассмотрим топологию сетей SDH. Существует базовый набор стандартных топологий. Исходя из нижеперечисленного, надо будет выбрать нужную для каждого уровня связи.

1.4.1. Топология "точка-точка"

Дорожные сегмент сети, связывающий два узла А и В, или топология "точка - точка" является наиболее простым примером базовой топологии SDH сети (рис. 1.1). Она может быть реализована с помощью терминальных мультиплексоров ТМ, как по схеме без резервирования канала приёма/передачи, так и по схеме со стопроцентным резервированием типа 1+1, использующей основной и резервный электрические или оптические агрегатные выходы (каналы приёма/передачи).

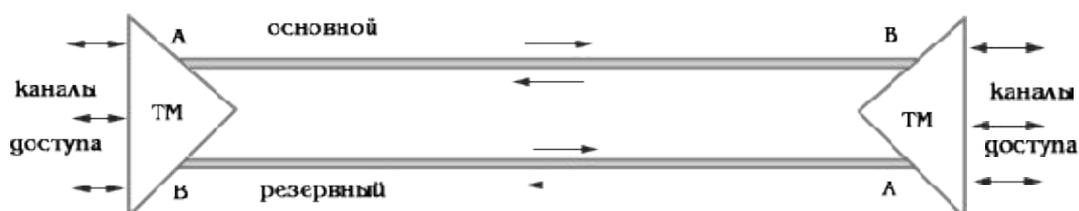


Рис. 1.1 Топология "точка-точка", реализованная с использованием ТМ

1.4.2. Топология "последовательная линейная цепь"

Эта базовая топология используется тогда, когда интенсивность трафика в сети не так велика и существует необходимость ответвлений в ряде точек линии, где могут вводиться каналы доступа. Она может быть представлена либо в виде простой последовательной линейной цепи без резервирования, как на рис. 1.2, либо более сложной цепью с резервированием типа 1+1, как на рис. 1.3. Последний вариант топологии часто называют "упрощённым кольцом".



Рис. 1.2 Топология "последовательная линейная цепь", реализованная на TM и TDM



Рис. 1.3 Топология "последовательная линейная цепь" типа "упрощённое кольцо" с защитой 1+1

1.4.3. Топология "звезда", реализующая функцию концентратора

В этой топологии один из удалённых узлов сети, связанный с центром коммутации или узлом сети SDH на центральном кольце, играет роль концентратора, или хаба, где часть трафика может быть выведена на терминалы пользователя, тогда как оставшаяся его часть может быть распределена по другим удалённым узлам (рис. 1.4)

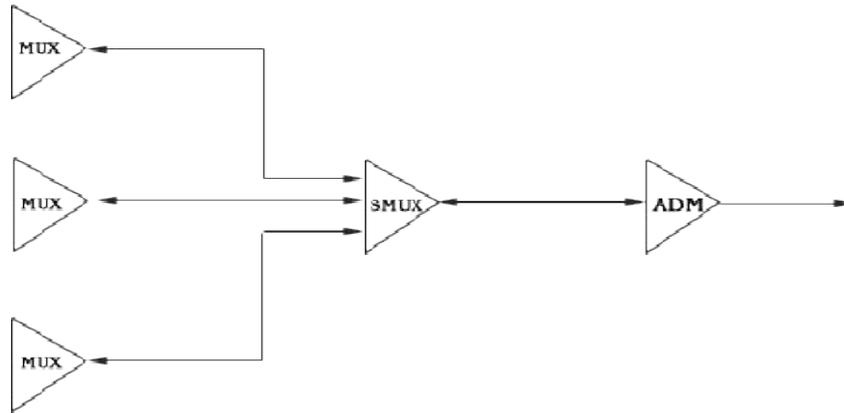


Рис. 1.4 Топология "звезда" с мультиплексором в качестве концентратора

1.4.4. Топология "кольцо"

Эта топология (рис. 1.5) широко используется для построения SDH сетей первых двух уровней SDH иерархии (155 и 622 Мбит/с). Основное преимущество этой топологии - лёгкость организации защиты типа 1+1, благодаря наличию в синхронных мультиплексорах SMUX двух пар оптических каналов приёма/передачи: восток - запад, дающих возможность формирования двойного кольца со встречными потоками.

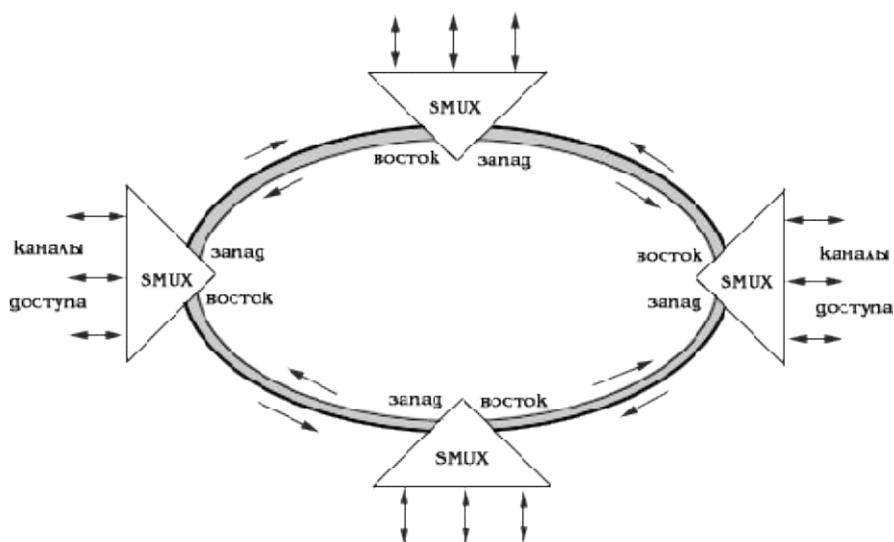


Рис. 1.5 Топология "кольцо" с защитой 1+1

1.5. Архитектура сети связи

Архитектурные решения при проектировании сети SDH могут быть сформированы на базе использования рассмотренных выше элементарных топологий сети в качестве её отдельных сегментов. В результате выбора архитектуры предоставить чертеж (пример см. прил. рис.2).

1.5.1. Радиально-кольцевая архитектура

Пример радиально-кольцевой архитектуры SDH сети приведён на рис. 1.6. Эта сеть фактически построена на базе использования двух базовых топологий: "кольцо" и "последовательная линейная цепь".

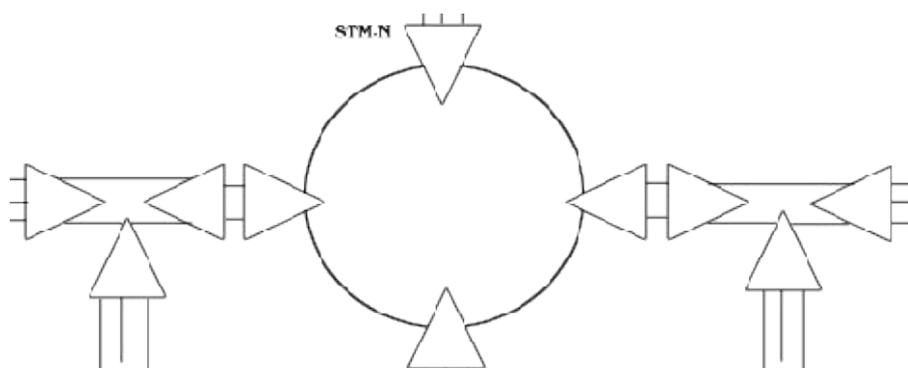


Рис. 1.6 Радиально-кольцевая сеть SDH

1.5.2. Архитектура типа "кольцо-кольцо"

Другое часто используемое в архитектуре сетей SDH решение - соединение типа "кольцо-кольцо". Кольца в этом соединении могут быть либо одинакового, либо разного уровней иерархии SDH. На рис. 1.7 показана схема соединения двух колец одного уровня - STM-4, а на рис. 1.8 каскадная схема соединения трёх колец - STM-1, STM-4, STM-16.

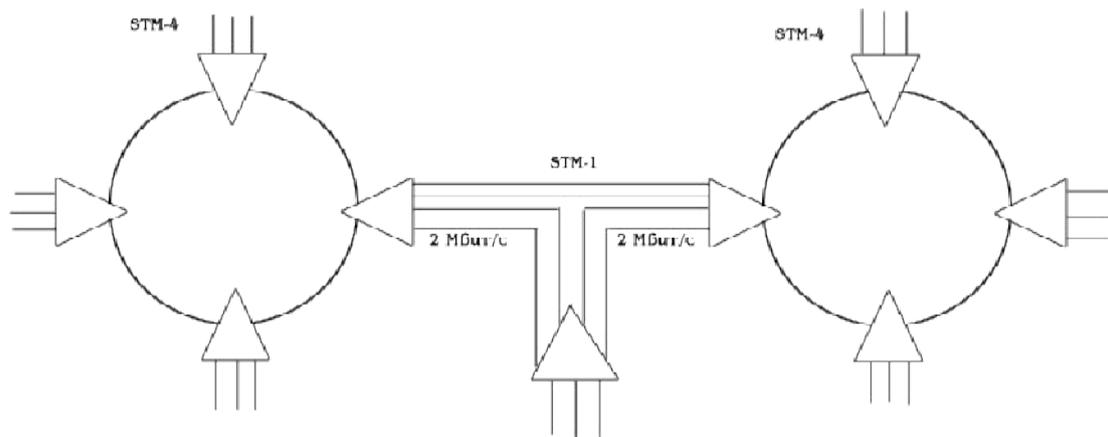


Рис. 1.7 Два кольца одного уровня

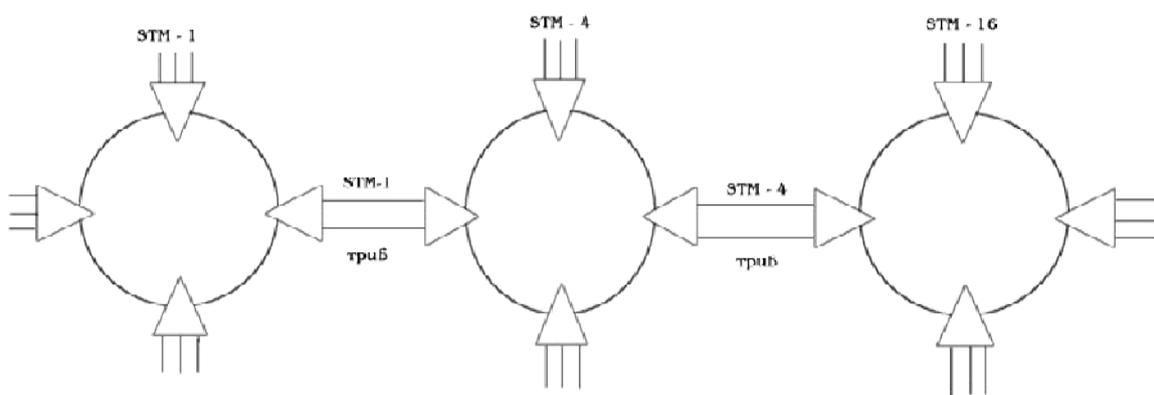
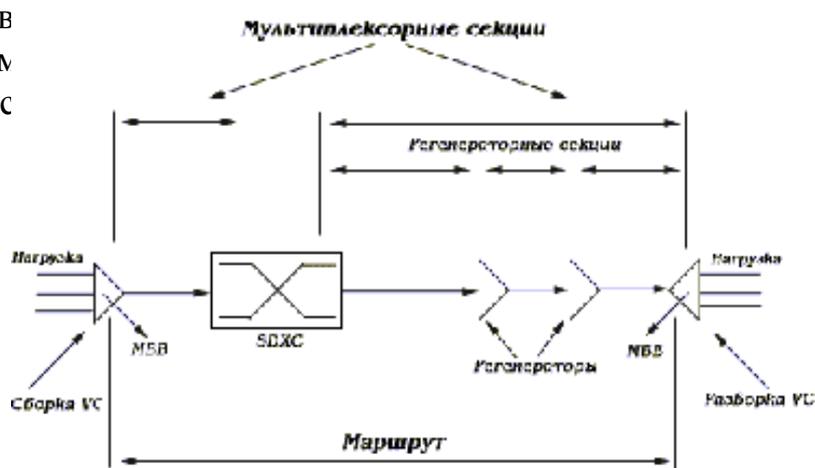


Рис. 1.8 Каскадное соединение трёх колец

1.5.3. Линейная архитектура для сетей большой протяженности

Для линейных сетей большой протяженности расстояние между терминальными мультиплексорами больше или много больше того расстояния, которое может быть рекомендовано с точки зрения максимально допустимого затухания волоконно-оптического кабеля. В этом случае на маршруте между ТМ (рис. 1.9) должны быть установлены кроме мультиплексоров и проходного коммутатора ещё и регенераторы для восстановления архитектуры м-ряда секций, с G.958.



линейную
единица
7 и ITU-T

Рис.1.9 Сеть SDH большой протяженности со связью типа "точка-точка" и её сегментация

В процессе развития сети SDH разработчики могут использовать ряд решений, характерных, для глобальных сетей, таких как формирование своего "острова" (backbone) или магистральной сети в виде ячеистой (mesh) структуры, позволяющей организовать альтернативные (резервные) маршруты, используемые в случае возникновения проблем при маршрутизации виртуальных контейнеров по основному пути. Это наряду с присущими сетям SDH внутренним резервированием, позволяет повысить надёжность всей сети в целом. Причём при таком резервировании на альтернативных маршрутах могут быть использованы альтернативные среды распространения сигнала. Например, если на основном маршруте используется ВОК, то на резервном - РРЛ, или наоборот.

2. ВЫБОР СИСТЕМ СВЯЗИ

2.1. Расчёт скорости систем передачи

Проектируемая сеть связи, как уже было сказано выше, делится на магистральную, дорожную и отделенческую сети. Следовательно, необходимо установить две системы передачи: цифровую и аппаратуру ДСС.

Первая система обеспечивает магистральную связь. Вторая система организует дорожные и каналы связи. Цифровая аппаратура ДСС обеспечивает оперативно-технологическую и общетехнологическую связь в аналоговых и цифровых сетях, обходные каналы и кольца по цифровым, аналоговым каналам; ответвления на промежуточных или оконечных станциях — цифровые, аналоговые или по физическим линиям.

Уровень системы передачи определяется числом основных и резервных каналов трафика.

Определить уровень магистральной, дорожной и отделенческой систем передачи. Для этого, пользуясь маршрутной таблицей, рассчитать общее количество каналов для каждого уровня.

Сумма основных каналов 64 Кбит/с

$$N_{\text{осн}} = \sum N_{\text{тр}} + \sum N_{\text{п}}, \quad (2.1)$$

сумма резервных каналов 64 Кбит/с

$$N_{\text{рез}} = \sum N_{\text{тр}} + \sum N_{\text{п}}, \quad (2.2)$$

общая сумма каналов 64 Кбит/с в Иркутске (УД)

$$N_{\text{общ}} = N_{\text{осн}} + N_{\text{рез}},$$

(2.3)

необходимая скорость системы передачи

$$B = N_{\text{общ}} * V_{\text{ср}},$$

(2.4)

где $V_{\text{ср}} = 64$ Кбит/с — скорость передачи канала ОЦК;

$\Sigma N_{\text{п}}$ – Сумма всех прямых каналов;

$\Sigma N_{\text{тр}}$ – Сумма всех транзитных каналов.

2.2. Выбор требуемого числа систем передачи

После вышеприведенных расчетов, определив скорость, требуется выбрать вид аппаратуры, которую будете использовать на данном участке, исходя из рассчитанного уровня системы и учитывая потребность в развитии сетей. Виды оборудования представлены (см. прил.).

2.3. Выбор передающих и принимающих оптических модулей

Синхронные мультиплексоры разрабатываются различными зарубежными компаниями и имеют определенные различия характеристик и возможностей, однако в силу высокого уровня стандартизации технологии SDH они в значительной степени унифицированы по основным параметрам.

В данном курсовом проекте, одной из первоочередных задач которого является - ознакомление с цифровыми системами передачи синхронной цифровой иерархии (СЦИ), необходимо остановиться на выборе конкретного производителя оборудования СЦИ. Для его выбора должны быть определены параметры источника оптического излучения:

рабочая длина волны, которая должна согласоваться с ОВ;

ширина оптического течения, ширина моды, должны максимально согласоваться с параметрами ОК (для одномодового ОВ – $0,01 \div 2$ нм);

средняя мощность оптического излучения должна соответствовать уровню передачи ВОСП;

зависимость мощности оптического излучения от t^0 ;

надежность – 10^5 - 10^6 .

Критерием выбора принимающего оптического модуля является: максимальная чувствительность в рабочем диапазоне волн (порог чувствительности);

вероятность ошибки – 10^{-9} ;

наработка на отказ не менее 10^4 час;

динамический диапазон - $20 \div 25$ дБ.

Выбрать из предложенного оборудования (см. прил. табл.2).

2.4. Совместимость между аппаратурой разных уровней связи

Описать увязку оборудования ОТС с оборудованием дорожного и магистрального уровней. Рассмотреть совместимость по скорости между различными уровнями в выбранной аппаратуре. Характеристики интерфейсов.

3. ВЫБОР СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ

3.1. Выбор марки оптического кабеля связи

Системы SDH работают по волоконно-оптическим линиям связи (ВОЛС), обеспечивая высокие скорости передачи. Самым дорогим элементом ВОЛС является оптический кабель. Правильный его выбор уменьшает капитальные затраты и эксплуатационные расходы на проектируемую ВОЛС.

Общими требованиями, предъявляемыми к физико-механическим характеристикам волоконно-оптического кабеля (ВОК), являются высокая прочность на разрыв; влагонепроницаемость; достаточная буферная защита для уменьшения потерь, вызываемых механическими напряжениями; термостойкость в рабочем диапазоне температуры; гибкость и возможность прокладки по реальным трассам; простота монтажа и прокладки; надежность работы.

Главными требованиями к оптическим характеристикам ВОК являются минимальное затухание и широкая полоса пропускания. Полоса пропускания ВОК зависит от типа волокна и примерно составляет до 300 МГц-км - для многомодового волокна, 800 МГц-км - градиентного и 5 - 7 ТГц-км - для одномодового волокна. На выбор ВОК влияют параметры волоконно-оптических систем передачи: широкополосность или скорость передачи, длина волны оптического излучения, энергетический потенциал, допустимое значение дисперсионных искажений, а также место ВОЛС в общей системе связи страны.

Основные элементы оптического кабеля - оптические волокна (ОВ) - непрерывно совершенствуются: расширяется их диапазон; улучшаются отдельные конструктивные, оптические и механические параметры; разрабатываются и внедряются принципиально новые типы ОВ.

Наиболее подробно рассмотрим оптические характеристики волоконно-оптических кабелей.

Выпускаемые специализированными зарубежными компаниями одномодовые оптические волокна (ОМОВ) для городских и междугородных сетей связи широко используются российскими кабельными компаниями и заводами, производящими ВОК. Отечественные ВОК, как правило, соответствуют мировому уровню качества, подтверждены соответствующими сертификатами и пользуются все большим спросом, причем потребители могут выбрать при оформлении заказа нужное волокно, исходя из его параметров. В этой ситуации особенно важно знать параметры используемых промышленных ОМ-волокон (обычных и специальных), появившихся в последнее время.

Произвести выбор среды передачи и предоставить технические характеристики кабеля, используемого на проектируемом участке связи. Параметры волокна разных производителей предоставлены в прил. табл.1.

3.2. Расчет длин регенерационных секций

Важными достоинствами ВОЛС перед кабелями с металлическими жилами является возможность замены 4-уровневой дорожной сети на 2-уровневую за счет большой избыточности по пропускной способности и реализации больших длин регенерационных участков.

При внедрении волоконно-оптических систем связи на сети встала проблема питания регенераторов на магистрали. Она была решена с помощью оптических усилителей. Оптические усилители можно ставить как на передаче, так и на приеме, а также между регенераторами.

Длина регенерационного участка рассчитывается по

$$l_{\text{РЕГ}} \leq \frac{\mathcal{E}_{\text{П}} - \text{П}}{\alpha}, \quad (3.1)$$

где $l_{\text{РЕГ}}$ - длина регенерационного участка, км;

$\mathcal{E}_{\text{П}}$ – энергетический потенциал, дБ;

П – суммарные потери, дБ;

α – километрическое затухание кабеля, дБ/км (при использовании кабеля Lucent Technologies $\alpha = 0,23$ дБ/км).

Данные, используемые в формуле, взяты из технических характеристик ВОК. Энергетический потенциал определяется по (3.2)

$$\mathcal{E}_{\text{П}} = P_{\text{ПОМ}} - P_{\text{ПРОМ}}, \quad (3.2)$$

где $\mathcal{E}_{\text{П}}$ – энергетический потенциал, дБ;

$P_{\text{ПОМ}}$ – мощность передающего оптического модуля, дБ;

$P_{\text{ПРОМ}}$ – чувствительность приемного оптического модуля, дБ.

Суммарные потери определяются потерями на неразъемные соединители, разъемные соединители, старение, а также потерями, возникшими при изменении температуры, по (3.3)

$$P = A_{НС} \cdot N_{НС} + A_{РС} \cdot N_{РС} + A_{СТАР} + A_{ТЕМП}, \quad (3.3)$$

где P – суммарные потери, дБ;
 $N_{РС}$ – количество разъемных соединителей, принимаем = 4;
 $N_{НС}$ – количество неразъемных соединителей, принимаем = 2;
 $A_{НС}$ – потери на неразъемные соединители, принимаем = 0,2 дБ;
 $A_{РС}$ – потери на разъемные соединители, дБ, принимаем = 0,4 дБ;
 $A_{СТАР}$ – потери на старение кабеля, дБ, принимаем = 4 дБ;
 $A_{ТЕМП}$ – потери на изменение температуры, дБ, принимаем = 0,05 дБ.

Результат выбора аппаратуры, передающей среды, регенерационных участков представить в виде чертежа транспортной сети связи (пример см. прил. рис.3).

4. СЕТЬ УПРАВЛЕНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯМИ - TMN

4.1. Выбор модели управления сетью

Функционирование любой сети (и сети PDH, и SDH/SONET не являются исключением) невозможно без ее обслуживания на различных уровнях. Обслуживание сети сводится в общем случае к автоматическому, полуавтоматическому или ручному управлению системой, ее тестированию и сбору статистики о прохождении сигнала и возникающих неординарных или аварийных ситуациях, а также менеджменту (или административному управлению системой). Эти функции, в свою очередь, невозможно осуществить без сигнализации различного рода о состояниях системы, например, сигнализации о возникновении аварийного состояния. Сигнализация должна осуществляться по специальным встроенным или зарезервированным для этого каналам, связывающим управляющие (оперирующие на сети) системы OS и управляемые системы, или сетевые элементы NE.

Для решения задач управления (на всех уровнях: физическом, логическом, информационном и административном, из которых два последних относят к особой категории управления - менеджменту) необходимо разработать модель сети и описать типы интерфейсов связи, необходимые для реализации функций управления на различных участках сети.

В отличие от существующих систем PDH, не имеющих стандартного описания модели, интерфейсов и специальных

(стандартизованных) управляющих каналов связи, системы SDH имеют свои системы управления - SMN, опирающиеся на достаточно проработанную в настоящее время систему стандартов, описывающих модель, интерфейсы, схему взаимодействия и функции блоков и каналов управления.

4.2. Архитектура TMN

Архитектура TMN рассматривается в трех аспектах:
функциональном, определяющим состав функциональных блоков, позволяющий реализовать сеть TMN любой сложности;
информационном, основанном на объектно-ориентированном подходе и принципах OSI;
физическом, описывающем реализуемые интерфейсы и примеры физических компонентов TMN.

4.2.1. Функциональные блоки и их компоненты

TMN включает ряд функциональных блоков, выполняющих следующие одноименные функции (в скобках даны термины, используемые в русских переводах стандартов ITU-T):

- OSF - функции управляющей (операционной) системы OS;
- MF - функция устройств сопряжения M (медиаторная функция);
- NEF - функция сетевого элемента NE;
- QAF - функция Q-адаптера QA;
- WSF - функция рабочей станции WS.

Для передачи информации между указанными блоками TMN используется функция передачи данных DCF. Пары функциональных блоков, обменивающихся информацией, разделены между собой опорными (или интерфейсными) точками. Три из указанных блоков, выполняющих функции NEF, QAF и WSF, принадлежат TMN лишь частично (рис. 9.1).

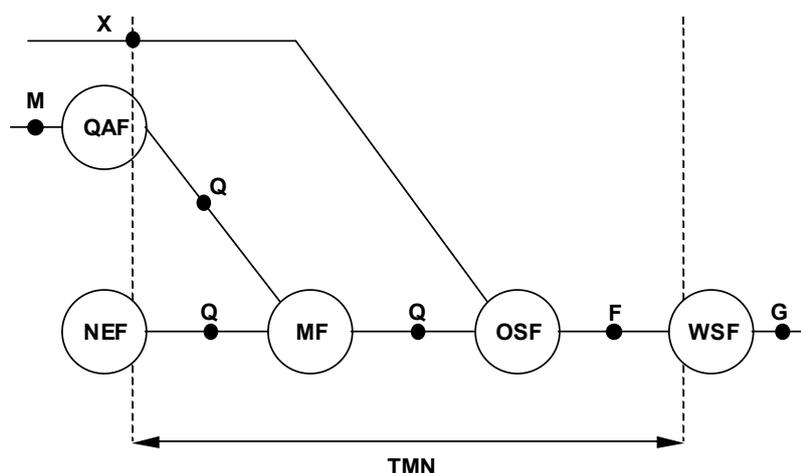


Рис. 4.1 Типы и положение интерфейсов в схеме управления сетью

Функциональные блоки не только выполняют указанные функции, но и содержат дополнительные функциональные компоненты, реализующие определенные функции, а именно:

Блок OSF - обрабатывает управляющую информацию с целью мониторинга и/или управления, а также реализует функцию управляющего приложения OSF-MAF;

Блок MF - обрабатывает информацию, передаваемую между блоками OSF и NEF (или QAF), позволяя запоминать, фильтровать, адаптировать и сжимать информацию, а также реализует функцию управляющего приложения MF-MAF;

Блок NEF - включает функции связи, являющиеся объектом управления, а также реализует функцию управляющего приложения NEF-MAF;

Блок QAF - подключает к TMN логические объекты класса NEF или OSF, не являющиеся частью TMN, осуществляя связь между опорными точками внутри и вне TMN, а также реализует функцию управляющего приложения QAF-MAF;

Блок WSF - позволяет интерпретировать информацию TMN в терминах, понятных пользователю управляющей информации.

Дополнительные функциональные компоненты, игравшие ранее самостоятельную роль в качестве блоков TMN, теперь включены в состав функциональных блоков. К ним относятся:

MAF - *функция управляющего приложения* - фактически осуществляет управляющий (административный) сервис TMN, может играть роль либо Менеджера, либо Агента, используется в функциональных блоках MF, NF, OSF и QSF;

MIB - *база управляющей информации* - играет роль репозитория (информационного архива) управляющих объектов, не является объектом стандартизации TMN, используется в схеме дистанционного мониторинга RMON, а также протоколом SNMP [70], применяется во всех, кроме WSF, функциональных блоках;

ICF - функция преобразования информации - используется в промежуточных системах для трансляции информационной модели с интерфейса на интерфейс, используется в функциональных блоках MF, OSF, QAF;

PF - функция представления - преобразует информацию к удобному для отображения виду, используется в функциональном блоке WSF;

HMA – человеко-машинная адаптация - преобразует информацию MAF к удобному для отображения виду, используется в функциональных блоках OSF, MF;

MCF - функция передачи сообщения - используется для обмена управляющей информацией, содержащейся в сообщении, используется во всех функциональных блоках;

DCF - функция передачи данных - используется для передачи информации между блоками, наделенными управляющими функциями.

Опорные точки сети TMN. В сети TMN вводятся опорные (интерфейсные) точки, определяющие границы сервиса. Эти точки делятся на две группы. Первая - включает точки внутри TMN, вторая - вне её. Точки первой группы делятся на три класса:

q - точки между блоками OSF, QAF, MF и NEF, обеспечивают информационный обмен между блоками в рамках информационной модели, описанной в стандарте ITU-T M.3100 [62]; эти точки делятся на два типа: q_x - точки между двумя блоками MF или блоком MF и остальными блоками, q₃ - точки между двумя блоками OSF или блоком OSF и остальными блоками; f - точки для подключения блоков WSF к OSF и/или к MF, подробнее описаны в рекомендации ITU-T Rec. M.3300; x - точки между OSF, принадлежащих двум TMN.

Точки второй группы делятся на два класса: g - точки между WSF и пользователем; m - точки между QAF и управляемым объектом, не принадлежащим TMN.

В соответствии с положением указанных опорных точек определяется положение соответствующих им интерфейсов TMN, обозначаемых заглавными буквами.

4.2.2. Информационный аспект архитектуры

При создании информационной модели обмена данными (сообщениями) в TMN используется объектно-ориентированный подход (ООП) и концепция Менеджер/Агент. ООП рассматривает управление обменом информацией в TMN в терминах Менеджер – Агент - Объекты. Менеджер, представляя управляющую открытую систему, издает в процессе управления управляемой открытой системой директивы и получает в качестве обратной связи от объекта управления уведомления об

их исполнении. Директивы, направленные от Менеджера к Объекту, доводятся до объекта управления Агентом. Уведомления, направленные от Объекта к Менеджеру, доводятся до Менеджера тем же Агентом.

Один Менеджер может быть вовлечен в информационный обмен с несколькими Агентами и, наоборот, один Агент может взаимодействовать с несколькими Менеджерами. Все взаимодействие между Менеджером и Агентом осуществляется на основе использования протокола общей управляющей информации SMIP и сервиса общей управляющей информации SMIS, описанных в рекомендациях ITU-T Rec. X.711 и ITU-T Rec. X.710.

4.3. Проектирование TMN

На проектируемом участке сети связи необходимо спроектировать сеть управления телекоммуникациями- TMN. Задачу решить, используя кольцо одного из уровней. Предоставить схему управления телекоммуникациями. Пример (см. прил. рис.4).

5. СИНХРОНИЗАЦИИ СЕТЕЙ СВЯЗИ SDH

Проблема синхронизации сетей SDH является частью общей проблемы синхронизации цифровых сетей, использующих ранее плезиохронную иерархию. Общие вопросы синхронизации, описанные в рекомендации CCITT G.810, актуальны как для плезиохронных, так и для синхронных сетей. Отсутствие хорошей синхронизации приводит, например, к относительному "проскальзыванию" цифровых последовательностей или "слипам" (slip) и ведет к увеличению уровня ошибок синхронных сетей.

Цель синхронизации - получить наилучший возможный хронизирующий источник или генератор тактовых импульсов или таймер для всех узлов сети. Для этого нужно не только иметь высокоточный хронизирующий источник, но и надежную систему передачи сигнала синхронизации на все узлы сети.

Система такого распределения базируется в настоящее время на иерархической схеме, заключающейся в создании ряда точек, где находится первичный эталонный генератор тактовых импульсов PRC (ПЭГ), или первичный таймер, сигналы которого затем распределяются по сети, создавая вторичные источники - вторичный или ведомый эталонный генератор тактовых импульсов SRC (ВЭГ), или вторичный таймер, реализуемый либо в виде таймера транзитного узла TNC, либо таймера

локального (местного) узла LNC. Первичный таймер обычно представляет собой хранимый атомный источник тактовых импульсов (цезиевые или рубидиевые часы) с точностью не хуже 10^{-11} . Он обычно калибруется вручную или автоматически по сигналам мирового скоординированного времени UTC. Эти сигналы затем распространяются по наземным линиям связи для реализации того или иного метода синхронизации.

5.1. Методы синхронизации

Существуют два основных метода узловой синхронизации: иерархический метод принудительной синхронизации с парами ведущий-ведомый таймеры и неиерархический метод взаимной синхронизации. Оба метода могут использоваться отдельно и в комбинации, однако, как показывает практика, широко используется только первый метод.

Внедрение сетей SDH, использующих наряду с привычной топологией "точка-точка", кольцевую и ячеистую топологии, привнесло дополнительную сложность в решение проблем синхронизации, так как для двух последних топологий маршруты сигналов могут меняться в процессе функционирования сетей.

Сети SDH имеют несколько дублирующих источников синхронизации:

сигнал внешнего сетевого таймера, или первичный эталонный таймер PRC, определяемый в рекомендации ITU-TG.811, сигнал с частотой 2048 кГц (см. ITU-T G.703);

сигнал с трибного интерфейса канала доступа (рассматриваемый здесь как аналог таймера транзитного узла TNC), определяемый в рекомендации ITU-T G.812, сигнал с частотой 2048 кГц, выделяемый из первичного потока 2048 кбит/с;

сигнал внутреннего таймера (рассматриваемый как таймер ведомого локального узла LNC), определяемый в рекомендации ITU-T G.813, сигнал 2048 кГц;

линейный сигнал STM-N, или линейный таймер, сигнал 2048 кГц, выделяемый из линейного сигнала-155,520 Мбит/с или $4 \times 155,520$ Мбит/с.

Учитывая, что трибы 2 Мбит/с, пришедшие из сетей SDH, отображаются в VC-12 и могут плавать в рамках структуры вложенных контейнеров, использующих указатели, их сигналы должны быть исключены из схемы синхронизации сети SDH. Реализуемая точность внутреннего таймера, равная 5×10^{-6} , мала, учитывая возможность накапливания ошибки в процессе так называемого "каскадирования сигналов таймеров", когда узел сети восстанавливает сигнал таймера по принятому сигналу и передает его следующему узлу. В этом смысле

наиболее надежными источниками синхронизации являются сигнал внешнего сетевого таймера и линейный сигнал STM-N.

Целостность синхронизации сети PDH базировалась на использовании иерархической принудительной синхронизации (ведомый/ведущий таймеры). В ней прохождение сигналов таймеров через узлы сети было прозрачным. В сети SDH, восстанавливающей в каждом узле сигнал таймера из линейного сигнала STM-N, такая прозрачность теряется. В этой ситуации целостность синхронизации сети SDH лучше поддерживается при использовании распределенных первичных эталонных источников PRS, что позволяет устранить эффекты "каскадирования сигналов таймеров". Метод распределенных PRS описан в стандарте Bellcore GR-2830-CORE.

5.2. Режимы работы и качество хранирующего источника

Предусматривается четыре стандартных режима работы хранирующих источников узлов синхронизации:

режим первичного эталонного таймера PRC, или генератора ПЭГ (мастер узел);

режим принудительной синхронизации - режим ведомого задающего таймера SRC, или генератора ВЗГ (транзитный и/или местный узлы);

режим удержания с точностью удержания 5×10^{-10} для транзитного узла и 1×10^{-8} для местного узла и суточным дрейфом 1×10^{-9} и 2×10^{-8} соответственно;

свободный режим (для транзитного и местного узлов) - точность поддержания зависит от класса источника и может составлять 1×10^{-8} для транзитного и 1×10^{-6} для местного узлов. Организации ITU-T и ETSI предложили использовать понятие уровень качества хранирующего источника. Этот уровень может быть передан в виде сообщения о статусе синхронизации SSM через заголовок фрейма STM-N, для чего используются биты 5-8 байта синхронизации (например, S1), или последовательностью резервных бит в фрейме E1 2 Мбит/с. В этом случае при сбое в сети, повлекшем защитное переключение, сетевой элемент имеет возможность послать сообщению таймеру о необходимости использовать сигнал синхронизации, восстановленный из альтернативного маршрута.

Современные системы управления сетью могут использовать до шести уровней качества хранирующего источника (см. табл. 5.1).

Таблица 5.1

Возможные уровни качества хранирующего источника

Символ	S1	Уровень качества хранирующего источника
--------	----	---

PRC или	0010	Первичный эталонный таймер PRC, CCITT G.811
Unknown	0000	Уровень качества неизвестен
TNC или	0100	Таймер транзитного узла TNC, CCITT G.812
LNC или	0100	Таймер локального узла LNC, CCITT G.812
SETS	1011	Таймер собственно узла SDH, инициированный линейным
Don't use	1111	Не используется для целей синхронизации

Аттестация типа "уровень качества неизвестен" означает, что сигнал хронизирующего источника получен со старого оборудования SDH, на котором не реализован сервис сообщений о статусе синхронизации. Сообщение "не используется для целей синхронизации" может прийти от блока, чей интерфейс STM-N используется в данный момент для целей синхронизации.

Основным требованием при формировании сети синхронизации является наличие основных и резервных путей распространения сигнала синхронизации. Однако и в том, и в другом случае должны строго выдерживаться топология иерархического дерева и отсутствовать замкнутые петли синхронизации. Другим требованием является наличие альтернативных хронизирующих источников. Идеальная ситуация, когда альтернативные источники проранжированы в соответствии с их приоритетом и статусом.

5.3. Построение сети синхронизации

Установка ПЭГ в сети синхронизации. При установке ПЭГ следует помнить об уровне узла в ведомственной сети связи МПС и о максимальном количестве ВЗГ и синхронизируемых элементов с собственными генераторами, составляющие цепочки передачи синхросигналов между ПЭГ. Для повышения надежности системы синхронизации число последовательно включенных ГСЭ не должно превышать 40-60, а число ВЗГ 7-8. Исходя из этих условий, построить сеть синхронизации. Пример (см. прил. рис.5).

6. РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ ПРОЕКТИРУЕМОЙ СЕТИ СВЯЗИ

Для определения надежности сети связи используется коэффициент готовности, который характеризует работоспособность сети в течение некоторого периода времени. Значение коэффициента готовности ($K_{Г}$) нормируется, МСЭ-Т установил для эталонной сети «плоское кольцо» длиной $L=2500$ км, $K_{Г.н.}=0,996$ на период в один год. Государственный комитет электросвязи (ГКЭ РФ) установил значение для той же сети

длиной $L=12500$ км, $K_{Г.Н.}=0,982$. Нормированный коэффициент готовности приведен к участку длиной 100 км.

Произвести расчёт надежности верхнего и нижнего уровней сети связи. Сравнить полученное значение с нормированным. В данном курсовом проекте $K_{Г.}$, стандартизированный МСЭ-Т, будем использовать для нижнего кольца, а $K_{Г.}$, стандартизированный ГКЭ РФ, – для верхнего кольца.

В связи с тем что $K_{Г.Н.}$ приведен к одному году и рассчитан для участка длиной 100 км, необходимо рассчитать $K_{Г.ПРИВ.}$ по (6.1)

$$K_{Г.ПРИВ.} = K_{Г.Н.} \frac{L_{П.С.}}{L_{Э.С.}}, \quad (6.1)$$

где $K_{Г.Н.}$ – нормированный коэффициент готовности;
 $L_{П.С.}$ – длина участка проектируемой сети, км;
 $L_{Э.С.}$ – длина участка эталонной сети, км.

Коэффициент готовности участка сети с топологией "плоское кольцо" будем определять по (6.2)

$$K_{Г.РАСЧ.} = P_{ВОК} \cdot P_M^N, \quad (6.2)$$

где $K_{Г.РАСЧ.}$ – расчётный коэффициент готовности;
 $P_{ВОК}$ – вероятность отказа волоконно-оптического кабеля;
 P_M^N – вероятность отказа мультиплексоров;
 N – число мультиплексоров.

Расчетное значение $K_{Г.}$ для сети с топологией "пространственное кольцо" будем определять по (6.3):

$$K'_{Г.РАСЧ.} = 2 \cdot K_{Г.РАСЧ.} - K_{Г.РАСЧ.}^2, \quad (6.3)$$

где $K_{Г.РАСЧ.}$ – коэффициент готовности для "плоского кольца".

Если трасса включает в себя несколько внутренних колец, то результирующее значение $K_{Г.}$ определяется по (6.4)

$$K_{Г.РАСЧ.} = \prod_{j=1}^N K_{Г.Ј}, \quad (6.4)$$

где $K_{Г.Ј}$ – коэффициент готовности j-ого кольца;
 N – количество внутренних колец.

Вероятность отказа волоконно-оптического кабеля рассчитывается по (6.5)

$$P_{ВОК} = \frac{T - t_{CP} \cdot n_{ВОК}}{T}, \quad (6.5)$$

где T – количество часов в году, час. ($T=8760$ час);
 t_{CP} – среднее время восстановления повреждения, $t_{CP}=5-6$ час;
 $n_{ВОК}$ – плотность повреждения волоконно-оптического кабеля.

Плотность повреждения волоконно-оптического кабеля $n_{ВОК}$ определяется по (6.6)

$$n_{\text{ВОК}} = n_{\text{Н.ВОК}} \frac{L_{\text{Л.С.}}}{100}, \quad (6.6)$$

где $n_{\text{Н.ВОК}}$ – нормированная плотность повреждения волоконно-оптического кабеля, $n_{\text{Н.ВОК}}=0,3371$;
 $L_{\text{Л.С}}$ – длина участка проектируемой сети, км.

Вероятность отказа мультиплексора P_M определяется по (6.7)

$$P_M = \frac{T - t_{\text{СР}} \cdot n_M}{T}, \quad (6.7)$$

где T – количество часов в году, час. ($T=8760$ час);
 $t_{\text{СР}}$ – среднее время восстановления повреждения мультиплексора, $t_{\text{СР}}=2-3$ час;
 $n_{\text{ВОК}}$ – плотность повреждения мультиплексора.

Плотность повреждения мультиплексора n_M определяется по(6.8)

$$n_M = \frac{1}{T'_M}, \quad (6.8)$$

где T'_M – время наработки на отказ, $T'_M=15$ лет.

7. РАЗМЕЩЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ В ЛАЗЕ НА ОП

7.1. Требования к помещению ЛАЗа

Здание, в котором устраивается ЛАЗ, должно быть каменным или железобетонным. Помещение ЛАЗа выбирается возможно ближе к вводу линейных проводов, а также к генераторной и коммутаторному или автоматному залу МТС. Это необходимо для уменьшения длины соединительных кабелей и проводов и сечения питающих проводов и шин.

Помещение ЛАЗа должно удовлетворять следующим требованиям:
 ширина помещения должна быть 5-13 м; наиболее выгодная ширина 6 м;
 длина и площадь помещения определяются количеством устанавливаемой аппаратуры с запасом 15-20 % на развитие;
 высота от пола до низшей точки потолка (балки, проема) не должна быть менее 3,2 м;
 перекрытие должно быть рассчитано на нормальную нагрузку 750 кг/м^2 ;
 пол помещения должен быть уложен по сплошному бетону и покрыт линолеумом;
 стены и потолок должны быть окрашены масляной краской светлых тонов;

помещение должно иметь не менее двух выходов; высота дверей должна быть не менее 2,3 м, а ширина - не менее 1,5 м;
отношение площади окон и площади помещения должно быть не менее 1/5-1/6;
освещенность рабочих мест при искусственном освещении должна быть не менее 75 лк, а при аварийном - не менее 20 лк;
вентиляция должна быть приточно-вытяжная с обменом воздуха не менее 40 м³/ч на одного работающего летом и не менее 30 м³/ч зимой;
влажность воздуха при нормальной температуре должна быть 40-75 %;
отопление – водяное.

Для удобства обслуживания оборудование стоечного типа размещают в ЛАЗе параллельными рядами перпендикулярно стенке с окнами. Длина ряда не должна превышать 6 м. Главный проход располагают вдоль помещения со стороны, противоположной стенке с окнами. В очень больших ЛАЗах или в помещении шириной до 13 м главный проход располагают в середине, а ряды стоек размещают по обе стороны от прохода.

Всю аппаратуру в ЛАЗе крепят к полу и специальному каркасу из угловой стали. На этом же каркасе укрепляют систему воздушных желобов (кабельростов), на которые укладывают кабели межстоечного монтажа и токораспределительной проводки. Кабельросты, идущие вдоль главного прохода и параллельно ему вдоль стены с окнами, называют главными, а идущие вдоль рядов аппаратуры - рядовыми. Ширина главных кабельростов 200 мм, рядовых - 150 мм. Рядовой кабельрост над вводной и коммутационной аппаратурой имеет ширину 300 мм.

Для обеспечения наибольших эксплуатационных удобств и наименьших взаимных помех рекомендуется линейные цепи, и провода питания располагать так, чтобы один из главных кабельростов, идущий вдоль главного прохода, был занят кабелями и проводами токораспределительной сети, а другой со стороны окон — линейными проводами.

При расстановке аппаратуры в ЛАЗе следует стремиться к заполнению в каждом ряду крайних мест (у главных кабельростов). Если число стоек недостаточно для заполнения всего ряда, допускается оставлять свободное место в средней его части. Оно может быть занято в дальнейшем при развитии ЛАЗа.

Ряды аппаратуры располагают попарно лицевыми сторонами друг к другу с соблюдением следующих минимальных норм: главный проход при одностороннем расположении рядов 1,2 м, при двустороннем - 1,5 м; проход между выступающими частями лицевых сторон стоек 1,1 м, а при вводно-коммутационном оборудовании - 1,3 м; проход между монтажными задними сторонами рядов, а также между стенкой и монтажной стороной ряда 0,7 м. Если аппаратура смонтирована на стойках шкафного типа, то последние можно устанавливать тыльной стороной

стоек вплотную друг к другу и стене; проход между торцами рядов аппаратуры и стеной с окнами 0,5 м.

Размещение аппаратуры ЛАЗа должно быть подчинено определенным правилам:

стойки в ЛАЗе должны устанавливаться таким образом, чтобы кабели линейной проводки и провода питания были возможно короче, а расположение их на кабельросте было удобным и доступным;

стойки, между которыми должно быть большое число соединений, располагают, возможно, ближе друг к другу;

для облегчения условий эксплуатации аппаратуры стойки, требующие наибольшего внимания со стороны обслуживающего персонала, группируют и размещают ближе к их рабочему месту;

в непосредственной близости от ввода линейных проводов в помещение ЛАЗа устанавливают вводные, вводно-кабельные стойки, стойки передачи дистанционного питания. В этом же ряду на стойке дополнительного оборудования иногда располагают усилители низкой частоты, а в небольших ЛАЗах — аппаратуру связи совещаний и дорожной распорядительной связи. В больших ЛАЗах для установки этой аппаратуры предусматривают отдельное помещение, прилегающее к ЛАЗу.

7.2. Размещение оборудования в ЛАЗе

В курсовом проекте требуется произвести размещение дополнительного оборудования в линейно-аппаратном зале. Размещение аппаратуры выполнить в альбоме чертежей. Размещение оборудования в ЛАЗе произведено, согласно всем изложенным выше требованиям, на примере ауд. 817 ИрГУПСа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Слепов Н. Н. Синхронные цифровые сети SDH.-М.: «Эко - Тренд», М.1999 - 148 с.
2. Телекоммуникационные технологии на железнодорожном транспорте/Под ред. Г.В. Горелова. М.: УМК МПС, 1999 - 279 с.
3. Горбачёв Н. С., Купряшин И. А. Расчёт параметров волоконно-оптических кабелей: Методические указания к дипломному и курсовому проектированию. – Омск: Ом.ГУПС, 2002 – 64 с.

4. Оптические системы передачи / Б.В. Скворцов, В.И. Иванов, В.В. Крухмалёв; Под ред. В.И. Иванова. – М.: Радио и Связь, 1994 - 248 с.
5. Информационные технологии на ж.д. транспорте/Под ред. Э.Р. Лецкого. – М.: УМК МПС, 2000 – 445 с.
6. Иванов А.Б. Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения - М.: Сайрус Системс, 1999 –326 с.
7. Уайндер С. Справочник по технологиям и средствам связи. М.: Мир, 2000 - 160 с.
8. Системы передачи на основе синхронной цифровой иерархии (SDH)/Н.С. Горбачев, А.Н. Горбачев - Омск: ОмГУПС,2002 - 345 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Номенклатура аппаратуры SDH компаний-производителей

Ниже приведен список оборудования SDH различных производителей, как мультиплексоров различных уровней, так и оборудования другого типа.

Alcatel

Аппаратура SDH представлена серией Alcatel 16xx (мультиплексоры/кросс-коммутаторы), 96xx (радиорелейные системы) и 13xx (системы управления):

1631 FX - волоконно-оптический расширитель; имеет 3 входных модуля 4x2 Мбит/с и линейный оптический выход 51.84 Мбит/с (уровень SONET OC-1) для стыковки с дополнительным входом OC-1 у мультиплексоров 1641 SM и 1651 SM;

1641 SM - мультиплексор ввода/вывода уровня STM-1 SDH, дополнительно к указанным имеет вход OC-1;

1641 SM/C - компактный вариант мультиплексора 1641 SM для узлов с малым числом каналов 2 Мбит/с (карты 8x2Мбит/с);

1651 SM - мультиплексор ввода/вывода уровня STM-4 SDH;

1651 SM/C - мультиплексор ввода/вывода уровня STM-4 SDH, который может быть оборудован 2 интерфейсными платами уровня STM-16 с возможностью обработки половины потока с пропуском без обработки другой половины потока;

1661 SM - мультиплексор ввода/вывода уровня STM-16 SDH;

1661 SM/C - мультиплексор ввода/вывода уровня STM-16 SDH (с трибами PDH нижнего уровня -VC-12), имеет мощные встроенные средства кросс-коммутации;

1664 SM/C - мультиплексор ввода/вывода уровня STM-16 SDH, аналогичен 1661 SM, но оптимизирован для работы на 4-волоконных кольцевых магистралях;

1674 SM/C - мультиплексор ввода/вывода уровня STM-64 SDH;

1654 SL - линейная система передачи, рассчитанная на работу с потоком STM-4 SDH (4 триба PDH 140 Мбит/с, или 4 триба SDH STM-1, или их комбинация);

1664 SL - линейная система передачи, рассчитанная на работу с потоком STM-16 SDH (16 трибов PDH 140 Мбит/с или 4 триба SDH STM-1 или их комбинация);

1641 SX - синхронный кросс-коммутатор класса DXC-4/3/1 потоков 1.5/2, 34/45, 140, 155 и 622 Мбит/с с максимальной производительностью эквивалентной коммутации 192 потоков STM-1;

1644 SX - электронный кросс-коммутатор потоков уровня 140 Мбит/с PDH или 155 Мбит/с SDH - позволяет осуществить неблокируемую кросс-коммутацию до 512 потоков 140/155 Мбит/с;

96xx - радиорелейная (микроволновая) система SDH, включающая следующие модификации: LH - система уровня STM-1 с длинными межстанционными секциями; UH - система уровня STM-1 для работы в городских условиях; LM - система уровня OC-1 для работы с сетями доступа; UM - система уровня OC-1 для работы в городских условиях;

9667 TH - транспортная радиорелейная система уровня STM-1;

1353 RM - региональный менеджер систем SDH на уровне управления сетью (управляет 1353 SH);

1353 SH - менеджер элементов для систем SDH, рассчитан на работу со скоростями STM-1, 4, 16;

1353 WX - менеджер элементов для кросс-коммутаторов, рассчитанных на работу как с PDH, так и SDH трибами.

1354 NN - менеджер национальной сети для систем передачи PON и SDH (управляет 1354 RM);

AT&T (Lucent Technologies)

Аппаратура SDH представлена серией 2000 мультиплексоров и линейных систем.

ISM-2000 - базовый мультиплексор, который может быть сконфигурирован как терминальный и линейный мультиплексор, регенератор и мультиплексор ввода/вывода SDH каналов уровня STM-1 как терминальный и линейный мультиплексор и мультиплексор ввода/вывода уровня STM-4 и как терминальный мультиплексор уровня STM-16;

SLM-2000-4 - синхронный линейный мультиплексор уровня STM-4, который может быть сконфигурирован как терминальный и линейный мультиплексор, регенератор и мультиплексор ввода/вывода с четырьмя трибами уровня VC-4/STM-1; он может использоваться в качестве мультиплексора ввода/вывода и в топологии "кольцо";

SLM-2000-16 - синхронный линейный мультиплексор уровня STM-16, который может быть сконфигурирован как терминальный и линейный мультиплексор, регенератор и мультиплексор ввода/вывода с 16 трибами уровня VC-4/STM-1; он может использоваться в качестве мультиплексора ввода/вывода и в топологии "кольцо";

DACS-VI-2000 - неблокирующий кросс-коммутатор общего вида класса DXC-4/1, допускающий максимально 32 интерфейса, эквивалентных STM-1;

ITM-SC - элемент-менеджер для управления оборудованием SDH сетей;

ITM-XM/NM - сетевой менеджер для управления сетями SDH.

Возможно расширение номенклатуры изделий в связи с тем, что AT&T приобрела бизнес, связанный с производством оборудования SDH у компании Philips.

ECI

Аппаратура SDH представлена сериями SYNCOM SDM-xx и SLX-xx, SLR-xx.

SDM-1 - базовый мультиплексор уровня STM-1, может быть сконфигурирован как терминальный или линейный мультиплексор, или мультиплексор ввода/вывода;

SDM-1m - малогабаритный базовый мультиплексор уровня STM-1;

SDM-4 - базовый мультиплексор уровня STM-4, может быть сконфигурирован как терминальный мультиплексор или как мультиплексор ввода/вывода;

SDM-4/16 - базовый мультиплексор уровня STM-16 (совмещенный на уровне съемных блоков с уровнем STM-4), может быть сконфигурирован как терминальный или линейный мультиплексор, или как мультиплексор ввода/вывода;

SDM-16 - базовый мультиплексор уровня STM-16, может быть сконфигурирован как терминальный или линейный мультиплексор, или как мультиплексор ввода/вывода;

SDM-16F - базовый мультиплексор уровня STM-16 с трибами нижнего уровня, начиная с 2 Мбит/с, может быть сконфигурирован как терминальный или линейный мультиплексор, или как мультиплексор ввода/вывода;

SLR-4 - синхронный линейный регенератор уровня STM-4;

SLR-16 - синхронный линейный регенератор уровня STM-16;

SLX-4 - синхронный линейный мультиплексор ввода/вывода уровня STM-4 с трибами E4Д4 и STM-1;

SLX-16 - синхронный линейный мультиплексор ввода/вывода уровня STM-16 с трибами нижнего и верхнего уровней (E4/T4 и STM-1);

T::DAX - широкополосный кросс-коммутатор общего назначения класса DXC-4/3/1, поддерживающий стандарты Async, PDH, SDH, SONET, допускающий максимально 64 интерфейса, эквивалентных STM-1;

PSM-1 - система связи (шлюз) между сетями SDH и PDH с полноформатным преобразованием сигнала и возможностью организации связи двух сетей SDH через сегмент сети PDH;

SDH-Radio - радиорелейные системы SDH уровня STM-1 и STM-4;

eEM - элемент-менеджер для управления оборудованием сетей SDH;

eNM - сетевой менеджер для управления сетями SDH;

eRMS - система контроля и дистанционного мониторинга для подключения к центральным управляющим рабочим станциям сети SDH.

OPT

Аппаратура SDH представлена сериями SL-xx и SMA-xx.

SMA-1 - базовый синхронный мультиплексор уровня STM-1, который может быть сконфигурирован как терминальный или линейный мультиплексор, оптический концентратор или мультиплексор ввода/вывода;

SMA-1c - компактный вариант базового терминального мультиплексора SMA-1;

SMA-4 - базовый синхронный мультиплексор уровня STM-4, который может быть сконфигурирован как терминальный или линейный мультиплексор, оптический концентратор или мультиплексор ввода/вывода;

SMA-4C - компактный вариант базового терминального мультиплексора SMA-4;

SMA-16 - базовый синхронный мультиплексор уровня SIM-16, который может быть сконфигурирован как терминальный или линейный мультиплексор, или мультиплексор ввода/вывода;

SMA-16c - компактный вариант базового терминального мультиплексора SMA-16;

SL-4 - синхронный линейный мультиплексор уровня STM-4, который может быть сконфигурирован как регенератор (SLR-4), терминальный мультиплексор (SLT-4) или линейный мультиплексор ввода/вывода (SLA-4);

SL-16 - синхронный линейный мультиплексор уровня STM-16, который может быть сконфигурирован как регенератор (SLR-16), терминальный мультиплексор (SLT-16) или линейный мультиплексор (SL-16);

EM-OS - элемент-менеджер регионального уровня для управления элементами оборудования SDH сетей;

SMN-OS - сетевой менеджер национального уровня для управления сетями SDH.

GPT и Siemens используют ряд общих разработок оборудования SDH и систем управления (см. Аппаратуру фирмы Siemens).

NEC

Аппаратура SDH представлена серией SMS-xxx.

SMS-150 - базовый мультиплексор уровня STM-1, выпускаемый в четырех модификациях: A, L, R, T;

SMS-150A - мультиплексор ввода/вывода с защитой 1+1 уровня STM-1;

SMS-150L - линейный мультиплексор уровня STM-1;

SMS-150R - регенератор уровня STM-1;

SMS-150T - терминальный мультиплексор с защитой 1+1 уровня STM-1;

SMS-600 - базовый мультиплексор уровня STM-4, выпускаемый в трех модификациях R, T, W;

SMS-600R - регенератор (оптический ретранслятор) уровня STM-4;

SMS-600T - терминальный мультиплексор с защитой 1+1 уровня STM-4;

SMS-600W - широкополосный мультиплексор ввода/вывода с защитой 1+1 уровня STM-4;

SMS-2500 - базовый мультиплексор уровня STM-16, выпускаемый в двух модификациях R, T;

SMS-2500R - регенератор (оптический ретранслятор) уровня STM-16;

SMS-2500T - терминальный мультиплексор с защитой 1+1 уровня STM-16;

SDH MRS - радиорелейная система передачи сигналов SDH уровня STM-1 или сигналов PDH 140 Мбит/с; ACT NET-X - система управления элементами оборудования сетей SDH.

Nokia

Аппаратура SDH представлена серией SYNFONET STM-N мультиплексорами и системой управления TMS. Особенностью является блочная структура построения мультиплексоров с отдельными коммутаторными блоками двух типов и расширителем трибных интерфейсов.

STM-1 - базовый синхронный мультиплексор уровня STM-1, который может быть сконфигурирован как терминальный (TM) или мультиплексор ввода/вывода (ADM); STM-1E - расширитель трибных интерфейсов до 126 каналов 2 Мбит/с;

STM-4 - базовый синхронный мультиплексор уровня STM-4, который может быть сконфигурирован как терминальный (TM) или мультиплексор ввода/вывода (ADM);

STM-16 - базовый синхронный мультиплексор уровня STM-16, который может быть сконфигурирован как терминальный или линейный мультиплексор, или регенератор;

DXC - неблокируемый цифровой кросс-коммутатор с коммутирующим эквивалентом 16xSTM-1;

IMS-OS - система управления элементами оборудования сетей SDH и PDH.

Nortel

Аппаратура SDH представлена серией TN-xx.

TN-1C - компактный синхронный мультиплексор уровня STM-1, имеющий 16 портов 2 Мбит/с, или один порт 34 Мбит/с;

TN-1X - базовый синхронный мультиплексор уровня STM-1, который может быть сконфигурирован как терминальный или линейный мультиплексор, регенератор, оптический концентратор, или мультиплексор ввода/вывода;

TN-4X - базовый синхронный мультиплексор уровня STM-4, который может быть сконфигурирован как терминальный или линейный мультиплексор, регенератор, оптический концентратор, или мультиплексор ввода/вывода;

TN-16X - базовый синхронный мультиплексор уровня STM-16, который может быть сконфигурирован как терминальный или линейный мультиплексор, или регенератор.

TN-MS - система управления элементами оборудования сетей SDH.

Philips

Аппаратура SDH представлена серией PHASE-FNS, включающей четыре возможных типа сетевых элемента: ADM, LR, LXC, TM для трех уровней SDH - STM-1, STM-4, STM-16.

ADM-1/1 - мультиплексор ввода/вывода с защитой 1 + 1 уровня STM-1 и связью на уровне VC-12;

ADM-4/1 - мультиплексор ввода/вывода с защитой 1+1 уровня STM-4 и связью на уровне VC-12;

ADM-4/4 - мультиплексор ввода/вывода с защитой 1+1 уровня STM-4 и связью на уровне VC-4;

ADM-16/4 - мультиплексор ввода/вывода с защитой 1 + 1 уровня STM-16 и связью на уровне VC-4;

LR-1 - линейный регенератор уровня STM-1;

LR-4 - линейный регенератор уровня STM-4;

LR-16 - линейный регенератор уровня STM-16;

LXC-1/1 - локальный кросс-коммутатор уровня STM-1 и связью на уровне VC-12;

LXC-4/1 - локальный кросс-коммутатор уровня STM-4 и связью на уровне VC-12;

LXC-4/4 - локальный кросс-коммутатор уровня STM-4 и связью на уровне VC-4;

LXC-16/4 - локальный кросс-коммутатор уровня STM-16 и связью на уровне VC-4;

TM-1/1 - терминальный мультиплексор с защитой 1+1 уровня STM-1 и связью на уровне VC-12;

TM-4/1 - терминальный мультиплексор с защитой 1+1 уровня STM-4 и связью на уровне VC-12;

TM-4/4 - терминальный мультиплексор с защитой 1+1 уровня STM-4 и связью на уровне VC-4;

TM-16/4 - терминальный мультиплексор с защитой 1 + 1 уровня STM-16 и связью на уровне VC-4;

PHAMOS-SDH - усовершенствованная система управления и администрирования элементов SDH сетей компании Philips; используется как региональный элемент-менеджер, так и национальный сетевой менеджер.

Siemens

Аппаратура SDH представлена сериями: SMA-xx, SXC-xx, SL-xx.

SMA-1 - базовый блочный синхронный мультиплексор уровня STM-1, который может быть сконфигурирован как терминальный мультиплексор, локальный кросс-коммутатор, или мультиплексор ввода/вывода;

SMA-1-R2 - базовый блочный синхронный мультиплексор 2-го поколения уровня STM-1, который может быть сконфигурирован как терминальный мультиплексор, локальный кросс-коммутатор, или мультиплексор ввода/вывода;

SMA-4 - базовый блочный синхронный мультиплексор уровня STM-4, который может быть сконфигурирован как терминальный мультиплексор, локальный кросс-коммутатор, или мультиплексор ввода/вывода;

SMA-4-R2 - базовый блочный синхронный мультиплексор 2-го поколения уровня STM-4, который может быть сконфигурирован как терминальный мультиплексор, локальный кросс-коммутатор, или мультиплексор ввода/вывода;

SMA-16 - базовый блочный синхронный мультиплексор уровня STM-16, который может быть сконфигурирован как терминальный мультиплексор, локальный кросс-коммутатор, или мультиплексор ввода/вывода;

SMA-16-R2 - базовый блочный синхронный мультиплексор 2-го поколения уровня STM-16, который может быть сконфигурирован как терминальный мультиплексор, локальный кросс-коммутатор, или мультиплексор ввода/вывода;

SMT-1D - двухтерминальный синхронный мультиплексор 2-го поколения уровня STM-1, который может быть сконфигурирован как терминальный мультиплексор, концентратор, или мультиплексор ввода/вывода;

SL-1 - линейная SDH система уровня STM-1 (линейные мультиплексоры ввода/вывода, регенераторы - SLR-1), или терминальные мультиплексоры SLT-1;

SL-4 - синхронный линейный мультиплексор уровня STM-4, который может быть сконфигурирован как регенератор (SLR-4), терминальный мультиплексор (SLT-4), линейный мультиплексор ввода/вывода (SLA-4);

SL-16 - синхронный линейный мультиплексор уровня STM-16, который может быть сконфигурирован как регенератор (SLR-16), терминальный мультиплексор (SLT-16), или линейный мультиплексор (SL-16);

SL-64 - синхронный линейный мультиплексор уровня STM-64 (10 Гбит/с), который может быть сконфигурирован как регенератор (SLR-64), терминальный мультиплексор (SLT-64), или линейный мультиплексор (SL-64);

SRT1x155 - синхронный радиотранк для передачи каналов STM-1 общей емкостью от 4 до 24 каналов;

SRT2x155 - сдвоенный синхронный радиотранк для передачи каналов STM-1 общей емкостью от 2x4 до 2x12 каналов;

SXC-4/1 - синхронный модульный кросс-коммутатор, который может быть использован для коммутации без блокировки PDH (E1, E3, E4) и SDH (STM-1) сигналов с эквивалентной максимальной нагрузкой до 16384 портов (2 Мбит/с), старое обозначение - ССМ2;

SXC-4/4 - синхронный модульный кросс-коммутатор, который может быть использован для коммутации без блокировки PDH (E4) и SDH (STM-1) сигналов с эквивалентной максимальной нагрузкой до 1024 портов (140/155 Мбит/с), старое обозначение - СС155;

EM-OS - элемент-менеджер регионального уровня для управления элементами оборудования SDH сетей;

SMN-OS - сетевой менеджер национального уровня для управления сетями SDH.

Кроме указанных, на европейский рынок поставляется мультиплексор SMA-64-R2, аналогичный SMA-16-R2, но рассчитанный на уровень STM-64 SDH.

Разновидности оптоволоконных кабелей

Таблица 1.П

Параметры ОВ, рекомендуемые стандартом ITU-T

Параметр	Значение			
	G.652	G.653	G.654	G.655
Стандарт ITU-I				

Оконч. табл. 1.П

Параметр	Значение			
	SSF	DSF	LMF	NZDSF+
Тип волокна	SSF	DSF	LMF	NZDSF+
Соответствие стандарту ITU-I	Н/п	Н/п	Н/п	Н/п
Рабочие окна прозрачности, мкм	1,3/1,55	1,5–1,6	1,55	1,53–1,565
Затухание, дБ/км на длине волны, мкм	1,31	<1,0	Н/п	Н/п
	1,383 (максимум ОН)	<2,0	Н/п	Н/п
1,55	<0,5/0,25	<0,5/	<0,22/0,15-	<0,35/0,19-

		0,25	0,19	0,25
в окне, мкм 1,285–1,33	Н/Н	Н/Н	Н/Н	Н/Н
1,525–1,565/1,575	Н/Н	Н/Н	Н/Н	<0,5
1,565–1,625	Н/Н	Н/Н	Н/Н	<0,5
Прирост затухания при температурах –60...+55/85° С, дБ	Н/Н	Н/Н	Н/Н	Н/Н
Диаметр поля моды, мкм,				
на длине волны, мкм: 1,31	9,0–10±10%	Н/Н	Н/Н	Н/Н
1,55	9,0–10±10%	7,0–8,3±10%	10,5±10%	8–11±10%
Длина волны отсечки (кабель/волокно), мкм	1,26/1,28	1,27/-	1,35/1,53	<1,48/<1,47
Длина волны нулевой дисперсии, мкм	1,31±0,01	1,55±0,025	1,31±0,01	Н/Н(1,52941)
Наклон кривой D при нулевой дисперсии, пс/(нм ² ·км)	0,093	0,085	0,06	<0,169
Область ненулевой дисперсии, мкм	Н/Н	Н/Н	Н/Н	Н/Н (>1,529412)
Хроматическая дисперсия, пс/(нм·км),				
на длине волны, мкм: 1,31	Н/Н	Н/Н	Н/Н	Н/Н
1,55	Н/Н	Н/Н	Н/Н	Н/Н
Изменение дисперсии в окне 1,55 мкм, пс/(ни·км)	3,5–20	3,5	20	0,1–6,0
Дисперсия поляризованное моды (PMD), пс/√км	Н/Н	Н/Н	Н/Н	<0,5
Дисперсия PMD для протяженной линии, пс/√км	Н/Н	Н/Н	Н/Н	Н/Н

Оконч. табл. 1.П

Параметр	Значение			
Ограничение по PMD на скорость передачи, Гбит/с	Н/Н	Н/Н	Н/Н	400
Диаметр сердцевины, мкм	Н/Н	Н/Н	Н/Н	Н/Н
Числовая апертура	Н/Н	Н/Н	Н/Н	Н/Н
Групповой показатель преломления				
на длине волны, мкм: 1,31	Н/Н	Н/Н	Н/Н	Н/Н
1,55	Н/Н	Н/Н	Н/Н	Н/Н
Вид профиля показателя преломления	Ступенька	Н/Н	Н/Н	Н/Н

Фактор сопротивления динамической усталости	Н/н	Н/н	Н/н	Н/н
Диаметр оболочки, мкм	125±1	125±1	125±1	125±1
Экцентриситет сердцевинно-оболочки, мкм	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8
Радиус собственной кривизны волокна, м	Н/н	Н/н	Н/н	Н/н
Диаметр покрытия, мкм	245±10	245±10	245±10	245±10

Таблица 2.П

Параметры промышленного волокна Corning

Параметры	Значение			
	SMF-286	SNF-DC	SMF-LC	LEAF
Стандарт ITU-I	SMF-286	SNF-DC	SMF-LC	LEAF
Тип волокна	SSF	DSF	NZDSF -	NZDSF +
Соответствие стандарту ITU-I	G.652	G.653	G.655	G.655
Рабочие окна прозрачности, мкм	1,31/1,55	1,55	1,53–1,56	1,53–1,56
Затухание, дБ/км				
на длине волны, мкм 1,31	<0,4/0,34	<0,5/0,38	<0,5/0,38	<0,5
1,383 (максимум ОН)	<2,0/0,40	<2,0/0,6	<2,0/0,6	<1,0/0,6
1,55	<0,30/0,20	<0,25	<0,25	<0,25

Оконч. табл. 2.П

Параметры	Значение			
в окне, мкм 1,285–1,33	<0,45/0,39	Н/п	Н/п	Н/п
1,525–1,565/1,575	<0,35/0,25	<0,3	<0,3	<0,3/0,25
1,565–1,625	<0,35/0,25	<0,3	<0,3	<0,3/0,25
Прирост затухания при температурах –60...+55/85° С, дБ	-/0,05	-/0,03	Н/н	-/0,05

Диаметр поля моды, мкм,				
На длине волны, мкм: 1,31	9,2±0,4	Н/н	6,6	Н/н
1,55	10,5±1,06	8,1±0,65	8,4	9,6±0,4
Длина волны отсечки (кабель/волокно), мкм	1,26/-	1,26/-	1,26/-	Н/д
Длина волны нулевой дисперсии, мкм	1,3015–1,3 215	1,535–1, 565	Н/д	Н/д
Наклон кривой D при нулевой дисперсии, пс/(нм ² ·км)	0,092	0,085	Н/д	Н/д
Область ненулевой дисперсии, мкм	Н/н	Н/п	>1,53	>1,53
Хроматическая дисперсия, пс/(нм·км),				
на длине волны, мкм: 1,31	Н/н	Н/п	Н/п	Н/п
1,55	См. ниже	<2,7	См. ниже	См. ниже
Изменение дисперсии в окне 1,55 мкм, пс/(нм·км)	7–11,5	<2,7	-3,5– - 0,1	2,0–6,0
Дисперсия поляризованное моды (PMD), пс/ $\sqrt{\text{км}}$	<0,2	Н/д	Н/д	<0,2
Дисперсия PMD для протяженной линии, пс/ $\sqrt{\text{км}}$	<0,1	Н/д	Н/д	<0,08
Ограничение по PMD на скорость передачи, Гбит/с	Н/д	Н/д	Н/д	40
Диаметр сердцевинки, мкм	8,3	Н/д	Н/д	Н/д
Числовая апертура	0,13	0,17	0,16	Н/д
Групповой показатель преломления на длине волны, мкм: 1,31	1,4675	1,4718	1,471	Н/п
1,55	1,4681	1,4711	1,470	1,469
Вид профиля показателя преломления	Ступеньк а	Трезубе ц	Трезубе ц	Трезубе ц
Фактор сопротивления динамической усталости	20/257	20	20	20

Оконч. табл. 2.П

Параметры	Значение			
Диаметр оболочки, мкм	125±1	125±1	125±1	125±1
Эксцентриситет сердцевинки- оболочки, мкм	<0,5	<1,0	<0,5	<0,5
Радиус собственной кривизны волокна, м	>4	>2	>4	>4
Диаметр покрытия, мкм	245±5	245±10	245±5	245±5

Таблица 3.П
Параметры ОВ фирмы Lucent Technologies.

Параметры	Значение		
	True Wave	True Wave RS	All Wave
Стандарт ITU-I	NZDSF+	NZDSF+	NZDSF+
Соответствие стандарту ITU-I	G.655	G.655	G.655
Рабочие окна прозрачности, мкм	1,53–1,56	1,525–1,62	1,285–1,62
Затухание, дБ/км на длине волны, мкм 1,31 1,383 (максимум ОН) 1,55	<0,5/0,4 <2,0/0,5 <0,25/0,2	<0,5/0,4 <1,0/0,5 <0,25/0,22	<0,35 <0,31 <0,25/0,21
в окне, мкм 1,285–1,33	Н/п	Н/п	<0,45
1,525–1,565/1,575	<0,3	<0,3/0,27	<0,3/0,26
1,565–1,625	<0,3	<0,3/0,27	Н/д
Прирост затухания при температурах –60...+55/85° С, дБ	Н/д	<0,05	<0,05
Диаметр поля моды, мкм, на длине волны, мкм: 1,31 1,55	Н/п 8,4	Н/п 8,4±0,6	9,3±0,5 10,5±1,0
Длина волны отсечки (кабель/волокно), мкм	1,26/1,45	1,26/-	1,26/-
Длина волны нулевой дисперсии, мкм	1,5215/1,5325	≈1,45	1,3–1,322
Наклон кривой D при нулевой дисперсии, пс/(нм ² ·км)	0,095	0,045	0,092/0,088
Область ненулевой дисперсии, мкм	1,529/1,54–1,5654	>1,45	>1,322

Оконч. табл. 3.П

Параметры	Значение		
Хроматическая дисперсия, пс/(нм·км), на длине волны, мкм: 1,31 1,55	Н/п См. ниже	-9 ≈4,52	Н/п См. ниже
Изменение дисперсии в окне 1,55 мкм, пс/(ни·км)	1,0–4,0/5,5	3–72	Н/д
Дисперсия поляризованное моды (PMD), пс/√км	<0,5	<0,5	<0,5
Дисперсия PMD для протяженной	Н/д	<0,1	0,05

линии, пс / $\sqrt{\text{км}}$			
Ограничение по PMD на скорость передачи, Гбит/с	10	40	40
Диаметр сердцевины, мкм	6	Н/д	Н/д
Числовая апертура	Н/д	Н/д	Н/д
Групповой показатель преломления на длине волны, мкм: 1,31 1,55	1,4738 1,4732	1,471 1,470	1,466 1,467
Вид профиля показателя преломления	Треугольник	Н/д	Н/д
Фактор сопротивления динамической усталости	20	20	20
Диаметр оболочки, мкм	125±1	125±1	125±1
Эксцентриситет сердцевинно-оболочки, мкм	<0,6	<0,6	<0,6
Радиус собственной кривизны волокна, м	>2	>2	>2
Диаметр покрытия, мкм	245±10	245±10	245±10

Таблица 4.П
Параметры ОВ фирмы Fujikura

Параметры	Значение		
	Стандарт ITU-I	SM-9/125	DSM-8/125
Тип волокна	SSF	DSF	NZDSF
Соответствие стандарту ITU-I	G.652	G.653	G.655
Рабочие окна прозрачности, мкм	1,31/1,55	1,31/1,55	1,31/1,55
Затухание, дБ/км на длине волны, мкм 1,31 1,383 (максимум ОН)	<0,4/0,34	<0,45	<0,45
	<0,60/0,55	<0,40	Н/д

Оконч. табл. 4. П

Параметры	Значение		
	1,55	<0,25/0,21	<0,25
в окне, мкм 1,285–1,33	<0,39/0,3	Н/д	Н/д
1,525–1,565/1,575	<0,25	<0,30	<0,25
1,565–1,625	<0,25	<0,30	<0,25
Прирост затухания при температурах –60...+55/85° С, дБ	<0,05/0,05	<0,05/0,05	<0,05/0,05
Диаметр поля моды, мкм, на длине волны, мкм: 1,31	9,3±0,5	Н/д	Н/д

1,55	10,5±1,0	8,1±0,65	9,5±0,5
Длина волны отсечки (кабель/волокно), мкм	1,26/1,33	1,10–1,33	-/1,45
Длина волны нулевой дисперсии, мкм	1,301–1,322	1,525–1,57 5	Н/д
Наклон кривой D при нулевой дисперсии, пс/(нм ² ·км)	0,092	0,085	Н/д
1	2	3	4
Область ненулевой дисперсии, мкм	>1,322	Н/п	Н/д
Хроматическая дисперсия, пс/(нм·км), на длине волны, мкм: 1,31 1,55	<3,5 <5,3	Н/д <5,3	Н/д 1,0–6,0
Изменение дисперсии в окне 1,55 мкм, пс/(нм·км)	Н/п	Н/п	Н/д
Дисперсия поляризованное моды (PMD), пс/ $\sqrt{\text{км}}$	<0,2	<0,5	<0,5
Дисперсия PMD для протяженной линии, пс/ $\sqrt{\text{км}}$	Н/п	Н/д	Н/д
Ограничение по PMD на скорость передачи, Гбит/с	Н/д	Н/д	40
Диаметр сердцевины, мкм	Н/д	Н/д	Н/д
Числовая апертура	0,13	Н/д	Н/д
Групповой показатель преломления на длине волны, мкм: 1,31 1,55	1,4668 1,4671	1,468 1,468	Н/д 1,469
Вид профиля показателя преломления	Ступеньк а	Н/д	Н/д
Фактор сопротивления динамической усталости	20	20	20
Диаметр оболочки, мкм	125±1	125±1	125±1
Эксцентриситет сердцевины- оболочки, мкм	<0,8	<0,8	<0,8

Оконч. табл. 4. П

Параметры	Значение		
Радиус собственной кривизны волокна, м	>4	>4	>4
Диаметр покрытия, мкм	245±5	245±10	245±10

Система условных обозначений

XXXX – А – Б – В Г – Д Е

XXXX - тип кабеля;

а - защитные покровы;

б - число модулей;

в - наружный диаметр оптических и заполняющих модулей в мм;
г - материал центрального силового элемента;
д - число одномодовых оптических волокон в кабеле;
е - тип оптического волокна.

Таблица 5.П

Расшифровка обозначений кабеля

Наименование элемента конструкции, характеристика	Символы для обозначения (выделены жирным шрифтом)
Магистральный кабель: - магистральный самонесущий - магистральный в пневмотрубопроводе - внутризоновый	ОКМС ОКМТ ОКЗ
Внешняя оболочка (материал)	- полиэтиленовая оболочка, в обозначении не указывается В – оболочка из поливинилхлоридного пластика Н – не распространяющая горение
Защитные покровы (броня)	А – обмотка из арамидных нитей С – броня из стальной гофрированной ленты
Количественная характеристика сердечника кабеля	6 – 8 - число оптических модулей в кабеле .../... - для кабелей, имеющих кроме оптических модулей заполняющие модули, через знак “/” указывается число оптических модулей и число заполняющих модулей
Номинальный наружный диаметр оптического модуля и заполняющего модуля	(2,0); (2,4); (3,0) – указывается в скобках после количественной характеристики сердечника кабеля

Оконч. табл. 5. П

Центральный силовой элемент кабеля	СП – стеклопластиковый пруток Т – стальной трос
Предпочтительный ряд числа ОВ: в кабеле(если волокна одного типа), шт. в модулях (если имеются модули с различными типами волокон), шт.	От 6 до 64 (четное число) От 2 до 56 (четное число) .../... - для кабелей, имеющих различные типы волокон; через знак “/” указывается общее число волокон одного типа, причем тип волокна указывается в скобках после числа

	волокон данного типа в кабеле		
Тип оптического волокна	Одномодовое оптическое волокно, соответствующее рекомендациям ITU.T		
	G.652	G.653	G.655
	(2)	(3)	(5)

Примечания к табл. 1.П; 2.П; 3.П; 4.П:

Н/д – нет данных; Н/п – неприменимо; Н/н–не нормированы

Передающие и принимающие модули

Таблица 6.П

Оптические параметры для интерфейсов ADM-1/1 и ADM-16/4

Параметр	Используемое оборудование	
	L-1.2*	L-4.2*
Мощность передачи оптического блока, дБм	-5	-3
Мощность приема оптического блока, дБм	-34	-32,5
Допустимые потери в кабеле, дБ	29	29,5
Технологический запас, дБ	4	4
Допустимые потери на неразъемных соединителях, дБ/км	0,1	0,1
Допустимые потери на разъемных соединителях, дБ/км	0,4	0,4

Примеры используемых чертежей:

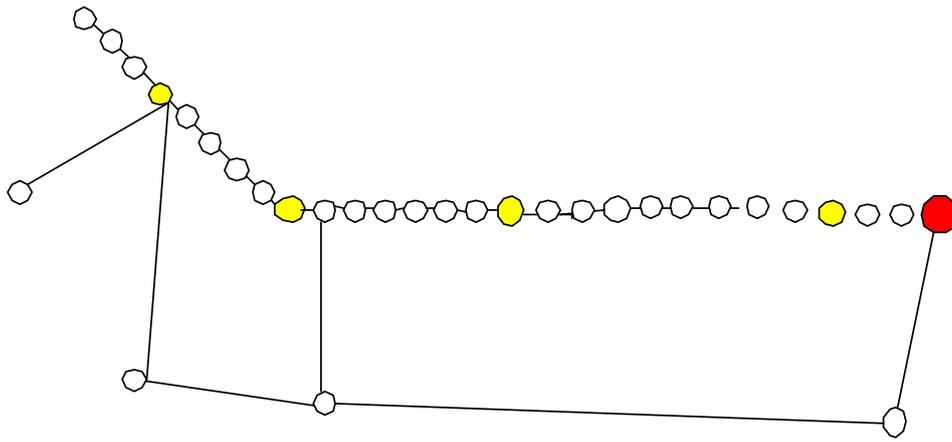


Рис. 1. Организация маршрутов

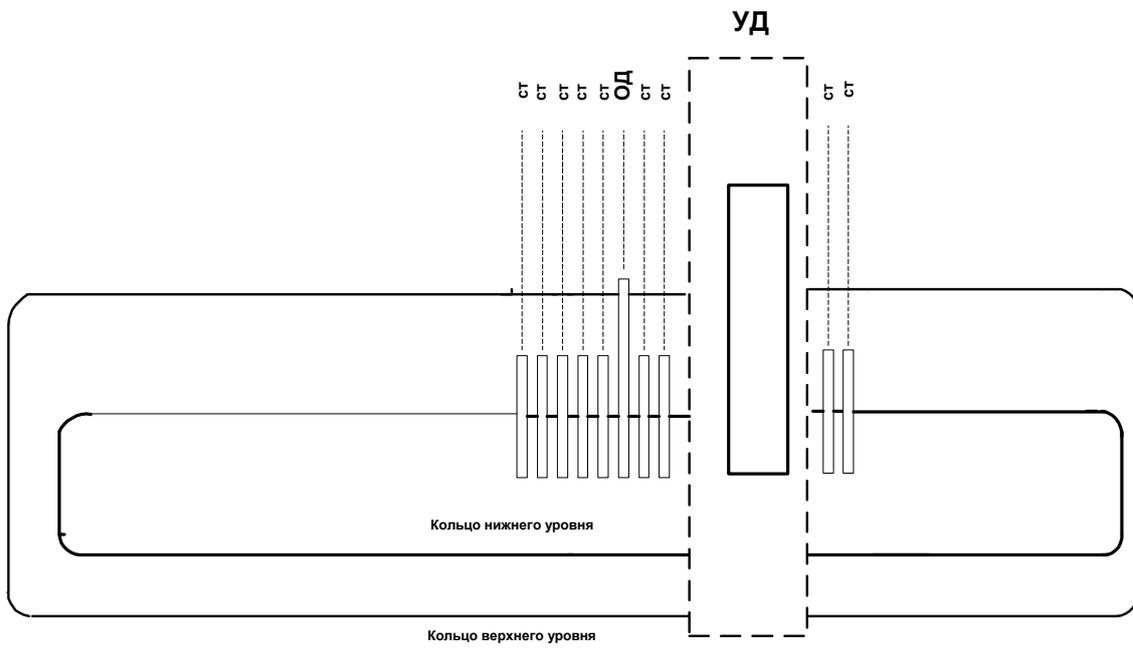


Рис.2. Архитектура сети связи

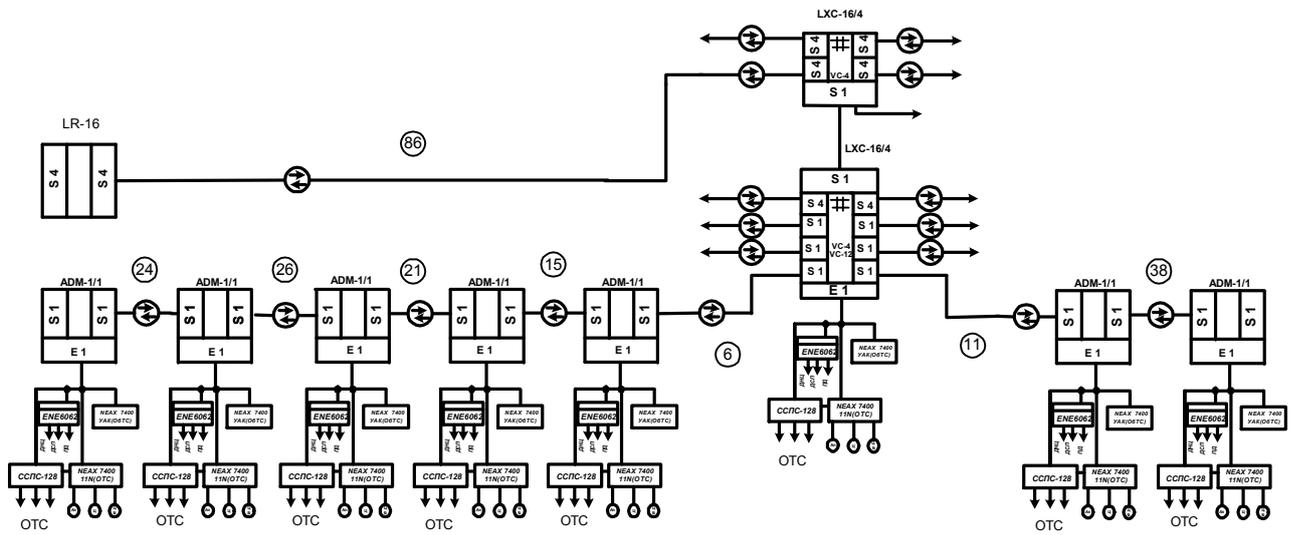


Рис.3. Транспортная сеть связи

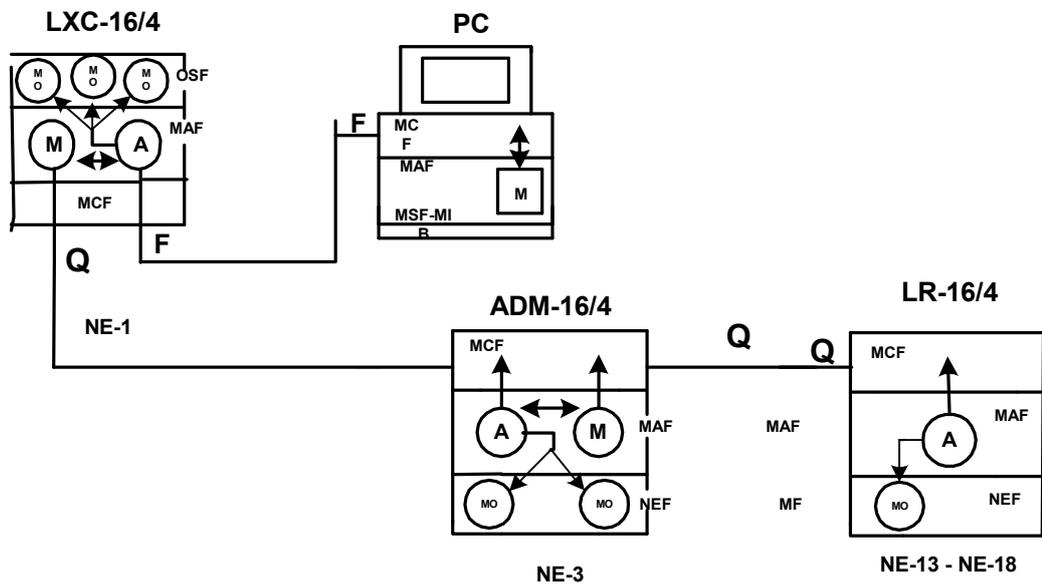


Рис.4. Схема управления телекоммуникациями

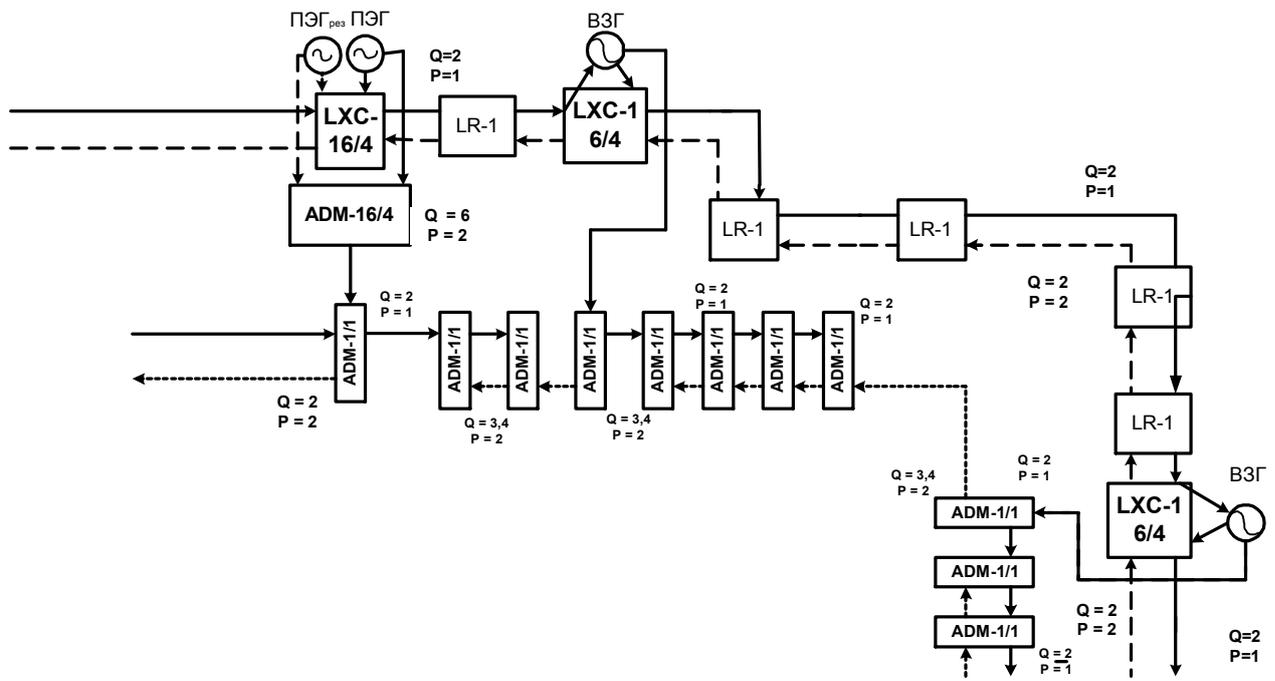


Рис.5. Схема синхронизации