Реферат

УДК 656.245

Курсовой проект содержит 39страниц, 12 таблиц, 8 рисунков, 4 библиографических источника.

Синхронная цифровая иерархия, синхронизация, мультиплексор, сетевой трафик, топология, архитектура, регенерационная и мультиплексорная секции.

Целью курсового проекта является получение навыков проектирования цифровой сети связи на ж.д. транспорте, ознакомление с цифровыми системами передачи многоканальной связи, проведение теоретических исследований параметров линейных трактов и выполнить технико-экономические расчеты.

В данном курсовом проекте представлена транспортная сеть связи участка Южно-Уральской и Куйбышевской железной дороги Курган-Челябинск-Уфа.

В приложениях 1-5 представлены следующие рисунки: архитектура сети связи (нормальный режим работы), архитектура сети связи (аварийный режим работы), схема транспортной сети связи, схема управления телекоммуникациями, схема тактовой синхронизации.

Содержание

Задание…………………………………………………………………………....3

Введение…………………………………………………………………………. 5

1 Составление сетевого трафика………………………………………………...7

2 Определение топологии сети……………………………………………… 13

3 Выбор требуемого уровня и числа систем передачи………………………. 14

4 Архитектура сети связи……………………………………………………… 14

5 Составление схемы транспортной сети связи……………………………….16

### 6 Выбор среды передачи………………………………………………………...17

7 Выбор ПОМ и ПРОМ………………………………………………………….19

8 Определение длин регенерационных участков……………………………...20

9 Сеть управления телекоммуникациями TMN…………………………….....22

## 9.1 Четырёхуровневая модель управления сетью……………………………..23

### 9.2 Функциональные блоки и их компоненты………………………………....25

### 9.3 Информационный аспект архитектуры………………………………........27

## 9.4 Проектирование TMN……………………………………………………….27

10 Синхронизация сети связи…………………………………………………...28

## 10.1 Методы синхронизации……………………………………………………28

10.2 Построение сети синхронизации………………………….........................29

11 Расчет надежности проектируемой сети связи…………………………….30

Заключение 33

Список литературы 34

Приложение 1 ………………………………………………………………….. 35

Приложение 2 ………………………………………………………………….. 36

Приложение 3 ………………………………………………………………….. 37

Приложение 4 ………………………………………………………………….. 38

Приложение 5 ………………………………………………………………….. 39

Введение

В настоящее время связь — один из наиболее быстро развивающихся элементов инфраструктуры общества. Телекоммуникационные технологии как самостоятельное понятие 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.

Основные цели, задачи и пути развития телекоммуникаций определены "Концепцией создания цифровой сети связи МПС России" и программами развития телекоммуникаций железнодорожного транспорта.

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.

Существующая аналоговая сеть связи обеспечивает управление железнодорожным транспортом, однако ее технические и технологические ресурсы исчерпаны, что не позволяет проводить информационную реформу на ее базе. Большая часть оборудования существующей сети связи морально и физически устарела. Сеть не имеет единой системы управления, характеризуется высокими эксплуатационными затратами и низкими качественными показателями. Имеют место серьезные трудности и в развитии сети передачи данных. В то же время сеть связи МПС.

России характеризуется развитой структурой, охватывающей все регионы России, большой протяженностью магистральных линий связи и значительной емкостью общетехнологической телефонной сети.

Значительная роль в системе управления железнодорожным транспортом принадлежит оперативно-технологической связи. Все оборудование ОТС, вследствие предъявляемых к нему специфичных требований, разрабатывалось и изготавливалось в отрасли. Такая практика в основном сохраняется и в настоящее время. Это оборудование также морально устарело и требует модернизации. В состав ОТС входит подвижная связь, включающая в себя поездную, станционную и ремонтно-оперативную радиосвязь, построенную на радиостанциях типа ЖРУ и на комплексе аппаратуры системы "Транспорт". Поездной радиосвязью оборудовано 85,6 тыс. км. Станционная радиосвязь используется на всех станциях. Дуплексной поездной радиосвязью оборудовано 2,5 тыс. км. Основной аппаратурой являются отработавшие свой срок радиостанции разработки 70-ых годов.

Такое состояние телекоммуникационных технологий на железнодорожном транспорте не удовлетворяет требованиям современной системы управления отраслью.

Утвержденная в 1997 г. "Концепция создания цифровой сети связи МПС России" предусматривает широкое внедрение на железнодорожном транспорте современных телекоммуникационных технологий; цифровых систем передачи синхронной иерархии, цифровых систем коммутации, технологий коммутации данных, систем подвижной связи и т.п.

Широкий фронт работ, связанных с реализаций положений указанной Концепции, требует подготовки в кратчайшие сроки специалистов, обладающих не только знаниями в различных направлениях современных телекоммуникационных технологий, но и знаниями по их приложениям к специфичным задачам железнодорожных технологических процессов.

1 Составление сетевого трафика

Сетевой трафик – суммарная совокупность доступа, с помощью которой предоставляются услуги связи абоненту.

Прямыми каналами поддерживаются следующие виды услуг:

- телефонная связь

- документальная электрическая связь

- передача данных

- факсимильная связь

Таблица 1 – Необходимое число прямых каналов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Пункты сети | Телефонная связь | Документальная  связь | Передача данных | Факсимильная связь |
| 64 кбит/c | 64 кбит/c | 2 Мбит/c | 2 Мбит/c |
| ОАОРЖД -УД | 35-50 | 16-25 | 7-12 | 3-5 |
| УД – УД | 6-10 | 8-15 | 6-12 | 2-3 |
| УД – ОД | 6-9 | 7-12 | 5-8 | 1-3 |
| ОД – ОД | 6-8 | 4-6 | 2-4 | 1-2 |
| ОД – УС | 4-6 | 3-5 | 2-3 | - |
| УС - УС | 2-4 | 2-3 | 1-2 | - |

В таблице 1 представлено необходимое число прямых каналов для организации сети связи.

Суммарный трафик делится на две части: трафик основных услуг и трафик дополнительных услуг. Оба трафика рассчитываются отдельно.

Услуги связи предоставляются с помощью определенных служб. Все службы делятся на интерактивные и распределительные.

Интерактивная связь:

- диалоговая служба – услуги связи, предоставляемые в реальном масштабе времени (телефонная связь, передача данных, факс, видео-телефония);

- служба обмена сообщениями – обмен информации через накопитель информации не в реальном времени (электронная почта);

- служба по запросу – информация по запросу от банка данных.

Распределительная связь:

- службы при наличии управления со стороны абонентов (скорость и тип информации определяется пользователем)

- при отсутствии управления со стороны абонента (скорость и время не определяются абонентом).

Трафик оформляется в виде таблицы, размеры которой зависят от числа прямых каналов и скорость дополнительных услуг.

Таблица 2 – Интерактивные службы

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п.п | Интерактивные службы | Виды услуг | Скорость передачи |
| 1 | Телефонная связь | Речь | 64 кбит/c |
| 2 | Документальная связь | Телеграмма | 64 кбит/c |
| 3 | Факс | Счет, текст | 2 Мбит/c |
| 4 | Передача данных | информация | 2 Мбит/c |

В таблице 3 представлены распределительные службы, их скорость передачи.

При составлении сетевого трафика учитывают наличие трех уровней управления:

1. магистральный;
2. дорожный;
3. отделенческий.

Проектируемый участок сети Курган – Челябинск – Уфа расположен на территории Южно-Уральской и Куйбышевской железной дороги в Курганской области и Республике Башкртостан. Управления дорог расположены в Челябинске и Самаре. Отделения дорог находятся в Кургане и Уфе. Данные дороги граничат с Московской, Приволжской и Западно-Сибирской железной дорогой. Трафик магистральной сети рассчитывается между ОАО РЖД и управлениями дорог. ОАО РЖД расположено в Москве, а управления в Челябинске, Саратове, Новосибирске и Самаре.

Таблица 3 – Распределительные службы

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п.п | Распределительные  службы | Виды услуг | Скорость передачи |
| 1 | Видеотелефония | Обучение | 10 Мбит/c |
| 2 | Поиск видео |  | 10 Мбит/c |
| 3 | Поиск документов | Речевой почтовый ящик | 64 кбит/c |
| 4 | Передача документов | Электронная газета | 30-60 Мбит/c |
| 5 | Передача цифровой информации | Интернет, пересылка файлов | 100 Мбит/c |
| 6 | Телевидение | PAL – SECAM | 4-6 Мбит/c |
| 7 | ТВ – ВЧ | ТВ ультравысокого качества | 16-24 Мбит/c |
| 8 | Машинная графика | Новости, реклама | 20-100 Мбит/c |

Необходимо учесть принцип тяготения при составлении сетевого трафика.

Трафик магистрального уровня представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Трафик магистрального уровня

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Магистральный уровень | МОСКВА | НОВОСИБИРСК | САРАТОВ | ЧЕЛЯБИНСК | ЧЕЛЯБИНСК |
| МОСКВА |  |  |  |  |  |
| НОВОСИБИРСК | 51 + 10 |  |  |  |  |
| САРАТОВ | 51 + 10 | 14 + 8 |  |  |  |
| ЧЕЛЯБИНСК | 51 + 10 | 14 + 8 | 14 + 8 |  |  |
| САМАРА | 51 + 10 | 14 + 8 | 14 + 8 | 14 + 8 |  |
| ВСЕГО | **204 + 40** | **42 + 24** | **28 + 16** | **14 + 8** | **0/0 + 0/0** |

Теперь необходимо определить суммарную скорость передачи на магистральном уровне. Общая скорость передачи на магистральном уровне без учета резерва определяется по следующей формуле.

, Мбит/c (2.1)

где  - число основных цифровых каналов;

 - число первичных цифровых каналов;

Необходимо также учесть резерв при проектировании сети. На магистральном уровне необходим 100% резерв, на дорожном – 75%, на отделенческом – 50%.

Общая скорость передачи на магистральном уровне с учетом резерва определяется по следующей формуле.

, Мбит/c (2.2)

где  - дополнительная скорость передачи, Мбит/c.

Рассчитаем общую скорость передачи на магистральном уровне без учета резерва:

 Мбит/c.

Необходимо учесть следующие дополнительные услуги по таблице 3:

* видео-телефония (10 Мбит/c);
* поиск видео (10 Мбит/c);
* поиск документов (64 кбит/c);
* передача документов (60 Мбит/c);
* передача цифровой информации (100 Мбит/c);
* телевидение (6 Мбит/c);
* машинная графика (20 Мбит/c);

Получаем дополнительную скорость передачи:

 Мбит/c

Теперь определим общую скорость передачи на магистральном уровне с учетом резерва:

 Мбит/c

Полученный трафик можно реализовать с использованием систем передачи уровня STM-4, рассчитанных на скорость передачи 622 Мбит/c.

Теперь составим трафик для дорожного уровня. На данном уровне управлениями дорог являются следующие города: Челябинск, Саратов, Новосибирск, Самара. На Куйбышевской железной дороге отделение в Уфе. На Южно-Уральской железной дороге отделение в Кургане.

В таблице 5 представлен трафик дорожного уровня.

Таблица 5 – Трафик дорожного уровня

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Дорожный уровень | НОВОСИБИРСК | САРАТОВ | ЧЕЛЯБИНСК | САМАРА | УФА | КУРГАН |
| НОВОСИБИРСК |  |  |  |  |  |  |
| САРАТОВ | 13+6 |  |  |  |  |  |
| ЧЕЛЯБИНСК | 13+6 | 13+6 |  |  |  |  |
| САМАРА | 13+6 | 13+6 | 13+6 |  |  |  |
| УФА | 13 + 6 | 13 + 6 | 13 + 6 | 13 + 6 |  |  |
| КУРГАН | 13 + 6 | 13 + 6 | 13 + 6 | 13 + 6 | 10 + 3 |  |
| ВСЕГО | **65 + 30** | **52 + 24** | **39 + 18** | **26 + 12** | **10 + 3** | **0/0 + 0/0** |

Рассчитаем общую скорость передачи на дорожном уровне без учета резерва:

 Мбит/c.

Необходимо учесть следующие дополнительные услуги по таблице 3:

* видео-телефония (10 Мбит/c);
* поиск видео (10 Мбит/c);
* поиск документов (64 кбит/c);
* передача цифровой информации (100 Мбит/c);
* телевидение (6 Мбит/c);
* машинная графика (20 Мбит/c);

Получаем дополнительную скорость передачи:

 Мбит/c

Теперь определим общую скорость передачи на дорожном уровне с учетом резерва:

 Мбит/c

Полученный трафик можно реализовать с использованием систем передачи уровня STM-4, рассчитанных на скорость передачи 622 Мбит/c.

Следующий шаг – составление отделенческого трафика. На участке Курган-Челябинск-Уфа имеется два отделения, расположенные в Кургане и Уфе. Узловыми станциями являются Шумиха, Чербакуль, Аносово, Усть-Катав.

С учетом этих данных составляем отделенческий трафик (таблица 6).

Рассчитаем общую скорость передачи на отделенческом уровне без учета резерва:

 Мбит/c.

Необходимо учесть следующие дополнительные услуги по таблице 3:

- видео-телефония (10 Мбит/c);

- поиск видео (10 Мбит/c);

- поиск документов (64 кбит/c);

- телевидение (6 Мбит/c);

Получаем дополнительную скорость передачи:

 Мбит/c

Теперь определим общую скорость передачи на отделенческом уровне с учетом резерва для первого кольца:

 Мбит/c

Полученный трафик можно реализовать с использованием систем передачи уровня STM-1, рассчитанных на скорость передачи 155 Мбит/c.

2 Определение топологии сети

Из четырех основных топологий (“точка-точка”, “последовательная линейная цепь”, “звезда”, “кольцо”) разумнее будет организовать кольцевую структуру. Данная топология широко используется для построения SDH сетей первых двух уровней SDH иерархии (155 и 622 Мбит/c). Основное преимущество этой топологии – легкость организации защиты 1+1, благодаря наличию в синхронных мультиплексорах двух пар оптических агрегатных выходов: восток – запад, дающих возможность формирования двойного кольца со встречными потоками.



Рисунок 1 – Топология “кольцо” с защитой 1+1

Сеть связи имеет двухуровневую структуру: верхний и нижний уровни. К верхнему относятся магистральный и дорожный, а к нижнему – отделенческий. На верхнем уровне организуем “пространственное кольцо”(рисунок 1), а на нижнем – “плоское кольцо”(рисунок 2).



Рисунок 2 – Топология “плоское кольцо” с резервированием 1+1

3 Выбор требуемого уровня и числа систем передачи

На основании составленного трафика, а также числа станций проектируемого участка выбираем необходимый уровень систем передачи. На верхнем уровне выбираем уровень STM-4, т.к. скорость передачи на этом уровне не выходит за пределы скорости уровня STM-4 равной 622 Мбит/c.

На нижнем уровне выбираем уровень STM-1, т.к. скорость передачи на этом уровне не выходит за пределы скорости уровня STM-1 равной 155 Мбит/c.

Число систем передачи зависит от числа и размера станций. На верхнем уровне используем мультиплексор SMS-600V, который установим на крупных узловых станциях (Курган, Челябинск, Уфа), а также на мостовых станциях (Шумиха, Чербакуль, Аносово, Усть-Катав).Число мультиплексоров SMS-600V равно 7. На нижнем уровне применим мультиплексор SMS-150C, который установим на всех станциях отделенческого уровня. Число мультиплексоров SMS-150С равно 33.

4 Архитектура сети связи

Архитектурой сети связи называется сопряжение сетевых структур различного типа между собой, конфигурация сетевых элементов, применение схем резервирования.

Существует несколько видов архитектур:

- Радиально-кольцевая архитектура

- Архитектура типа “кольцо-кольцо”

- Линейная архитектура для сети большой протяженности

- Архитектура разветвленной сети общего вида

Из существующих на данный момент архитектур предпочтительней архитектура типа “кольцо-кольцо”. В приложении 1 представлена архитектура проектируемого участка сети. На ней отмечены два кольца: верхнего и нижнего уровней. Треугольниками обозначены мультиплексоры:

ADM – мультиплексор ввода/вывода

LXC – концентратор

REG – регенератор

На схеме в приложении 1 отмечен нормальный режим работы; стрелками показаны направления передачи: сплошной – по часовой стрелке, штриховой – против часовой стрелки.

Используется кольцевой режим передачи, а именно двухволоконная система SNC-P. Одни и те же сигналы передаются по кольцу по направлению часовой стрелки (CW) и против часовой стрелки (CCW). Блок, принимающий трафик с направления CW, передает в направлении CCW, а блок, принимающий трафик с направления CСW, передает в направлении CW. Таким образом, передача данных не прерывается при обрыве двух волокон между двумя соседними узлами и при выходе из строя одно из двух блоков узла. В приемном узле выбирается сигнал с лучшим качеством, который и преобразуется в электрический сигнал.

Мультиплексор ввода/вывода ADM может иметь на входе тот же набор трибов, что и терминальный мультиплексор. Он позволяет вводить/выводить соответствующие им каналы. Дополнительно к возможностям коммутации, обеспечиваемым ТМ, АDM позволяет осуществлять сквозную коммутацию выходных потоков в обоих направлениях (например, на уровне контейнеров VС-4 в потоках, поступающих с линейных или агрегатных выходов, т.е. оптических каналов приема/передачи), а также осуществлять замыкание канала приема на канал передачи на обоих сторонах ("восточной" и "западной") в случае выхода из строя одного из направлений. Наконец, он позволяет (в случае аварийного выхода из строя мультиплексора) пропускать основной оптический поток мимо него в обходном режиме. Все это дает возможность использовать АDМ в топологиях типа кольца.

Концентратор представляет собой мультиплексор, объединяющий несколько однотипных потоков.

Регенератор представляет собой вырожденный случай мультиплексора, имеющего один входной канал и один или два агрегатных выхода. Он используется для увеличения допустимого расстояния между узлами сети SDH путем регенерации сигналов полезной нагрузки. Обычно это расстояние составляет 15-40 км для длины волны порядка 1300 нм или 40-80 км - для 1500 нм, хотя при использовании оптических усилителей оно может достигать 100-150 км.

Таблица 7 – План передачи для заданного участка сети

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Сетевой пункт | Уровень  и конф-я | Линейные порты | Триб-ные  порты | Тип крос-соединения | Уровень соединения |
| Курган,  Шумиха,  Челябинск,  Чербакуль,  Аносово,  Усть-Катав,  Уфа | STM-1 | STM-1, опт. резерв (1+1) | 2Мбит/c | Сквозной  Локальный | VC-12 |
| STM-4 | STM-1, опт. резерв 1+1,1:1  STM-4, опт. резерв 1+1,1:1 |  | Сквозной  Локальный | VC-4 |
| Введенское,  Зырянка  …  Иглино | STM-1 | STM-1, опт. резерв (1+1) | 2Мбит/c | Сквозной  Локальный | VC-12 |

Кольцо верхнего уровня рассчитано на уровень STM-4, а нижнего - на уровень STM-1. Для обеспечения резервирования трафика кольца обоих уровней связаны по линейным портам на крупных узловых и мостовых станциях. Максимальная длина регенерационного участка составляет 116 км.

### В таблице 7 представлена конфигурация сетевого оборудования.

В приложении 2 показан аварийный режим работы. Между станциями Мисяш и Бишкиль оборван кабель при ведении строительных работ. На нижнем уровне на станции Мисяш и Бишкиль приволье осуществляется заворот трафика в обратную сторону.

### 5 Составление схемы транспортной сети связи

В данном курсовом проекте используется оборудование фирмы NEC.

Оборудование NEC уровней STM-1/4 представлено серией SMS-xxx:

* SMS-150 - базовый мультиплексор уровня STM-1, выпускаемый в четырех модификациях: A, L, R, Т;
* 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 14-1 уровня STM-1;
* SMS-150C - компактный мультиплексор 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;

На верхнем уровне используется мультиплексор SMS-600V. В качестве регенераторов используется SMS-600R. Данные мультиплексоры расположены на следующих станциях: Курган, Шумиха, Челябинск, Чербакуль, Аносово, Усть-Катав, Уфа.

На нижнем уровне на всех станциях используются мультиплексоры SMS-150C. SMS-150C является мультиплексором синхронной цифровой иерархии (SDH). В нем используются функции мультиплексора STM-1, это позволяет обеспечить большую универсальность в сетевых приложениях.

SMS-150С может мультиплексировать составляющие сигналы 2М (2048 Кбит/с), 34M (34,368 Кбит/с) или 45M (44,736 Кбит/с) в синхронный магистральный сигнал STM-1 (155520 Кбит/с).

Кроме мультиплексирования может производиться кроссконнект сигналов на уровне VC-12 и VC-3.

SMS-150С поддерживает следующие режимы работы:

* линейный режим STM-1 (ADM) – оконечный мультиплексор обеспечивает мультиплексирование и кроссконнект составляющих сигналов для формирования синхронного магистрального сигнала (Рис. 4.3);
* режим SNC-P STM-1 (ATM) – мультиплексор обеспечивает ввод/вывод, мультиплексирование и кроссконнект составляющих трибутарных сигналов и транзитное прохождение виртуальных контейнеров VC-12 и VC-3 уровней.

Схема транспортной сети связи приведена в приложении 3.

### 6 Выбор среды передачи

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.

Таблица 8 – Характеристика оптического кабеля типа ОКМС

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Значение |
| Число оптических волокон в кабеле, шт. | от 6 до 96 |
| Число модулей в кабеле, шт. | 6; 8 |
| Число волокон в одном модуле, шт. | 2-4-6-8-10-12 |
| Коэффициент затухания, дБ/км, не более, нормируемый по длине волны:  λ=1310 нм  λ=1550 нм | 0,36  0,22 |
| Хроматическая дисперсия пс/нм\*км, не более, в диапазоне длин волн  λ=1310 нм  λ=1550 нм | 3,5  18 |
| Температура эксплуатации, °С | –60 – +70 |
| Строительная длина, км | 4,0 |

Оптические кабели (ОК) должны быть рассчитаны на возможность передачи всех видов информации на базе современных и перспективных оптических технологий передачи. Как правило, линейные ОК не должны иметь внутри оптического сердечника металлических элементов, чтобы не возникали дополнительны затраты на защиту от внешних электромагнитных влияний.

ОК вне зависимости от условий применения должны выдерживать циклическую смену температур от низкой до высокой рабочей температуры.

ОК должны иметь защиту от продольного распространения влаги. Срок службы ОК должен быть не менее 25 лет.

Главными требованиями к оптическим характеристикам ВОК являются минимальное затухание и широкая полоса пропускания.

Характеристика волокна и кабеля на его основе представлена в таблице 9 (Рекомендация G.652А).

Таблица 9 – Характеристики волокна и кабеля на его основе. Подкласс G.652А

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | Единица  измерения | Значение |
| **Оптическое волокно** | | |
| Диаметр модового поля на длине  волны 1310 нм | мкм | (8,6…9,5)0,7 |
| Диаметр оболочки | мкм | 125,01,0 |
| Максимальная погрешность концентричности сердцевины | мкм | 0,8 |
| Максимальная некруглость оболочки | % | 2,0 |
| Максимальная длина волны отсечки волокна в кабеле | нм | 1260 |
| Коэффициент хроматической дисперсии:      Максимальный наклон кривой в точке нулевой дисперсии | нм  нм  пс/нм2 км | 1300  1324  0,093 |
| **Оптический кабель** | | |
| Максимальный коэффициент затухания на длине волны  1310 нм  1550 нм | дБ/км  дБ/км | 0,5  0,4 |

Рекомендация описывает свойства одномодовых оптических волокон и кабелей, имеющих хроматическую дисперсию и длину волны отсечки, которые не смещены из области длин волн 1310 нм: длина волны нулевой дисперсии находится вблизи 1310 нм. Волокна оптимизированы для использования в диапазоне длин волн 1260…1360 нм (второе окно прозрачности) и могут быть также использованы в диапазоне 1530…1565 нм (третье окно прозрачности).

Базовый подкласс G.652А представляет свойства и значения характеристик оптических волокон и кабелей, рекомендуемых для использования в системах СЦИ и одноканальных системах с оптическими усилителями в соответствии с рекомендациями G.957 и G.691 (до уровня STM-16).

В настоящее время в России для Взаимоувязанной сети связи оптические кабели выпускают 13 кабельных предприятий: СП ЗАО “ОФС Связьстрой-1”, СП ЗАО “Москабель-Фуджикура”, СП ЗАО “Самарская оптическая кабельная компания”, ЗАО “ОКС-1”, ООО “Оптен”, ЗАО “Сарансккабель-оптика”, ОАО “Севкабель”, ЗАО “Севкабель-оптик”, ЗАО “Трансвок”, ООО “Эликс-кабель”, ЗАО НФ “Электропровод”, ЗАО “Яуза-кабель”, ООО “Еврокабель”.

Выбираем ОК фирмы ЗАО “Трансвок” как наиболее оптимальное для прокладки на опорах волоконных линий связи (ВЛС).

7 Выбор ПОМ и ПРОМ

По данным таблицы П.1.1 [2] выбираем оборудование линейного тракта категории L.1.2 для уровня STM-1 и категории L.4.2 для уровня STM-4.Ориентируясь на данную категорию оборудования выбираем опрические передетчики и приемники. Характеристика оптических передатчиков, приемников и регенерационных секций уровня STM-1 представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Характеристика оптических передатчиков, приемников и регенерационных секций STM-1

|  |  |
| --- | --- |
| Длина волны, нм | 1480-1580 |
| Лазерный диод | Распределенная обратная связь |
| Класс оборудования | L.-1.2/1.3 |
| Ширина спектра, нм | 1 на уровне -20 дБ |
| Подавление, дБ | >30 |
| Уровень передачи, дБ  максимальный  минимальный | +5  +2 |
| Уровень приема при вероятности ошибки <10-10 , дБм | от -34 до -2 |
| Приемный фотодетектор | PIN |

Характеристика оптических передатчиков, приемников и регенерационных секций STM-4 представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Характеристика оптических передатчиков, приемников и регенерационных секций STM-4

|  |  |
| --- | --- |
| Длина волны, нм | 1510-1560 |
| Лазерный диод | Распределенная обратная связь |
| Класс оборудования | L.-4.2/4.3 |
| Ширина спектра, нм | 1 на уровне -20 дБ |
| Подавление, дБ | >30 |
| Уровень передачи, дБ  максимальный  минимальный | +2  - 3 |
| Уровень приема при вероятности ошибки <10-10 , дБм | от -39 до -17 |
| Приемный фотодетектор | InGaAs-ЛФД  высокой чувствительности |

8 Определение длин регенерационных участков

Волоконно-оптические системы передачи имеют ряд преимуществ и позволяют четырехуровневую сеть связи модернизировать в двухуровневую, увеличить пропускную способность и повысить живучесть сети связи, а также увеличить длину регенерационной секции.

Длина регенерационной секции зависит от потерь элементов секции и дисперсии оптического волокна.

8.1 Определим длину регенерационной секции по потерям. Суммарные потери определяются по следующей формуле:

, (9.1)

где  - число разъемных соединителей,

 - потери в разъемном соединителе, дБ

 - число неразъемных соединителей,

 - потери в неразъемном соединителе, дБ

 - температурная зависимость потерь, дБ

 - потери старения, дБ

В таблице 12 представлены нормированные значения потерь.

Число разъемных соединителей равно двум, т.к. ОВ подключается к аппаратуре передачи при помощи разъемных соединителей как на стороне передачи, так и на стороне приема.

Таблица 12 – Нормированные значения потерь

|  |  |
| --- | --- |
| Потери | Нормированные значения |
| Потери в разъемном соединителе, дБ | 0,60 |
| Потери в не разъемном соединителе, дБ | 0,05 |
| Температурная зависимость потерь, дБ | 1,00 |
| Потери старения, дБ | 4,00 |

Число неразъемных соединителей определяется по следующей формуле:

, (9.2)

где  - число строительных длин

Для расчета числа неразъемных соединителей необходимо сначала определить число строительных длин по следующей формуле:

, (9.3)

где  - длина секции, км

 - длина кабеля на барабане, км

Расчет ведется для самой длинной мультиплексорной секции. В данном проекте самой длинной мультиплексорной секцией является участок Уфа– Курган длиной 737,5 км. Строительная длина выбранного ОВ составляет 4 км. Подставив данные в формулу (9.3) получаем число строительных длин равное:



Число неразъемных соединителей определим по формуле (9.2):

соединения

Рассчитаем суммарные потери в ОВ по формуле (9.1):

 дБ

Компенсация потери за счет энергетического потенциала системы передачи.

Допустимые потери определяются по следующей формуле:

, (9.4)

где  - энергетический потенциал системы передачи, дБ

Энергетического потенциала системы передачи определяется по формуле:

, (9.5)

Длина регенерационной секции определяется по следующей формуле:

, (9.6)

где  - допустимые потери, дБ

 - собственное затухание ОВ, дБ

Определим энергетический потенциал системы передачи верхнего уровня по формуле по максимальным значениям (9.5):

 дБ.

Рассчитаем допустимые потери по формуле (9.4):

 дБ.

Теперь рассчитаем максимальную длину регенерационной секции:

 км.

9 Сеть управления телекоммуникациями TMN

Функционирование любой сети 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 и 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.

## 

## Четырёхуровневая модель управления сетью

Общая схема сети управления телекоммуникациями (TMN) может быть представлена четырехуровневой моделью управления, где каждый уровень выполняет определенную функцию, представляя верхнему уровню последовательно обобщаемую нижними уровнями картину функционирования сети. Это следующие уровни:

* бизнес-менеджмент (верхний уровень управления экономической эффективностью сети - BOS);
* сервис-менеджмент (уровень управления сервисом сети - SOS);
* сетевой менеджмент (уровень систем управления сетью - NOS);
* элемент-менеджмент (нижний уровень элемент-менеджеров ЕМ или систем управления элементами сети EOS).

Функционирование каждого верхнего уровня в этой иерархии основано на информации уровня, лежащего ниже, передаваемой через интерфейс между этими уровнями,

Элемент-менеджер ЕМ осуществляет управлением отдельными элементами сети NE, т.е. оборудованием [мультиплексорами, коммутаторами, регенераторами и.т.д.) сети. Его задачи:

* конфигурация элементов сети - установление параметров конфигурации, например, назначение каналов, распределение трибных интерфейсов, установка реального времени;
* мониторинг - определение степени работоспособности (статуса), сбор и обработка сигналов о возникновении аварийных ситуации (алармов - А), несущих информацию типа "в элементе сети NE произошла ошибка А";
* управление функцией передачи - управление операционными параметрами, отвечающи­ми за функционирование сети, а именно: проверка состояния интерфейсов, активация систем защиты для переключения на резервное оборудование;
* управление функциями TMN - управление потоками сигналов о возникновении аварийных состояний, адресация возникающих при этом сообщений, формирование критериев фильтрации ошибок, маршрутизация пакетов сообщений по служебным каналам, формируемым за счет SОН в фреймах SDH, генерация и мониторинг сигналов синхронизации;
* тестирование элементов сети - проведение тестов, характерных для данного типа оборудования;
* локализация NE в рамках выделенного слоя - осуществление сервиса NE и обработка информации от NE, специфических для данного слоя.

Функции ЕМ могут интерпретироваться как независимые функции OS, осуществляемые конкретными NE с помощью данного ЕМ через сервисные интерфейсы, поддерживаемые данной OS. Для осуществления этих функций все NE должны быть известны и различаемы для конкретной OS. Если несколько OS реализуют одни и те же сервисные интерфейсы, то в этом случае функции элемент-менеджмента могут быть распределены по нескольким OSi.

Сетевой менеджер NM, или система управления сетью NMS, призваны управлять сетевым уровнем, или сетью в целом. На этом уровне менеджер абстрагируется от отдельных элементов сети, рассматриваемых с точки зрения выполнения задач, управляемых элемент-менеджером. Это не зна­чит, что NM их не видит, они рассматриваются здесь как элементы, поддерживающие сетевые связи - маршруты в терминологии SDK. NM использует следующие функции NE:

* функцию связи, осуществляемую всеми элементами, имеющими возможность кросскоммутации;
* функцию доступа к мультиплексору, осуществляемую всеми мультиплексорами;
* функцию секции передачи, реализуемую между точками связи или между точкой связи и мультиплексором.

Сетевой менеджер осуществляет следующие функции:

* мониторинг - проверка маршрута передачи с использованием функции проверки окончания маршрута, проверка качества передачи и самой возможности связи, при этом NE используются либо непосредственно самой OS, либо через операционную систему ЕМ;
* управление сетевой топологией - управление функцией связи для переключения маршрутов передачи (в том числе и в результате сбоев и последующего восстановления маршрута);
* локализация в рамках выделенного слоя - осуществление сервиса NM и обработка информации от NE, специфических для данного слоя. Как и в любом слое NM обеспечивает маршруты для слоя SM.

Сервис-менеджер обеспечивает традиционные для сетей виды сервиса - телефонный сервис, передачу данных различного вида и др. Он выполняет следующие функции:

* мониторинг - проверка возможности осуществления сервиса, а также доступности маршрутов передачи, подготовленных в слое NM;
* управление - управление характеристиками сервиса, а также формирование запросов сетевому уровню на изменение маршрутов передачи;
* локализация в рамках выделенного слоя - осуществление сервиса SM и обработка информации от NM.

SM также обеспечивает информацию о новых видах сервиса для слоя ВМ.

Бизнес-менеджер обеспечивает мониторинг и управление типами сервиса, а также формирование запросов на уровень сервиса, лежащий ниже, на изменение вида сервиса.

### 9.2 Функциональные блоки и их компоненты

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

OSF - функции управляющей (операционной) системы OS;

MF - функция устройств сопряжения М (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 (рисунок 3).



Рисунок 3 – Типы интерфейсов в схеме управления

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 QSF, 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 репозитария (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;

НМА – 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.

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: qХ - 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-Т Rec. M.3300;
* х - 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.

### 9.3 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 CMIP и сервиса общей управляющей информации CMIS.

## 9.4 Проектирование сети TMN

На проектируемом участке сети связи необходимо составить сеть управления телекоммуникациями - TMN. Схема управления телекоммуникациями приведена в приложении 5.

В данной схеме менеджер управляющей системы OS реализует функцию управляющего приложения OSF-MAF и управляет устройствами сопряжения и сетевыми элементами через MCF на станции Омск. Эта функция реализована по встроенным каналам управления DCCR. Верхний уровень с нижним связан через интерфейс Q-LAN на крупных и мостовых станциях. Каждому сетевому элементу присвоен свой идентификационный номер NSAP, который имеет фиксированную длину (10 Байт). Адрес сетевого элемента устанавливается в шестнадцатеричной системе счисления. Он имеет идентификатор формата AFI, равный 49, а также системный идентификатор SID (у каждого узла свой). Завершающий элемент адреса – элемент селект, равный 01. Данный номер информирует о том, что адрес NSAP принадлежит сети SDH.

10 Синхронизация сети связи

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 хронирующий источник или генератор тактовых импульсов или таймер для всех узлов сети. Для этого нужно не только иметь высокоточный хронирующий 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 хронирующий 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.

## 10.1 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 4nx155,520 Мбит/с.

## 

## 10.2. Построение сети синхронизации

Установка первичного эталонного генератора ПЭГ осуществляется в управлении дороги в Челябинске. На проектируемый участок данный сигнал поступает на станцию Челябинск и распределяется по участку. ВЗГ установим в крупных узлах сети: в Кургане, Челябинске, Аносово и Уфе.

При организации каналов резервирования синхросигналов необходимо предусматривать, чтобы в системе тактовой синхронизации не возникали замкнутые петли. Схема тактовой сетевой синхронизации представлена в приложении 4.

Основное направление синхросигнала представлено сплошной линией со стрелочкой, резервное – штриховой линией. Основное направление синхросигнала против часовой стрелки по кругу. На станции Курган синхронизация оборудования SMS-600V осуществляется от PRC с Челябинска, от SRC, расположенного на данной станции и от встроенного тактового генератора. Если выйдет из строя оборудование на станции Челябинск, то на станции Курган синхронизация будет осуществляться от сигнала с высшим качеством (от ВЗГ на станции Курган).

11 Расчет надежности проектируемой сети связи

Коэффициент готовности определяется по следующей формуле:

 (12.1)

где  - вероятность отказов волоконного кабеля,

 - вероятность отказов мультиплексоров.

Вероятность отказов волоконного кабеля рассчитывается по формуле:

, (12.2)

где  - число часов в году, ч/год

 - среднее время устранения повреждения ВОК, ч

 - приведенная плотность отказов

Приведенная плотность отказов рассчитывается по формуле:

, (12.3)

где отк/год

Вероятность отказов мультиплексоров рассчитывается по формуле:

, (12.4)

где  - число часов в году, ч/год

 - среднее время устранения повреждения оборудования (мультиплексоров), ч

 - плотность отказов мультиплексоров

Плотность отказов мультиплексоров рассчитывается так:

, (12.5)

где  - время наработки на отказ, ч.

Надежность определяется для нижнего и верхнего уровней отдельно:

, (12.6)

где n – число участков,

 - надежность каждого i-го участка.

Надежность для пространственного кольца определяется по следующей формуле:

 (12.7)

В данном проекте организовано кольцо нижнего уровня, протяженностью 737 км и одно верхнего уровня общей протяженностью 1474 км.

Рассчитаем коэффициент готовности для кольца нижнего уровня.Для этого определим приведенную плотность отказов по формуле (12.3):



Затем посчитаем вероятность отказов волоконного кабеля по формуле (12.2):



Определим плотность отказов мультиплексоров по формуле (12.5):



Теперь определим вероятность отказов мультиплексоров по формуле (12.4):



Рассчитаем коэффициент готовности по формуле (12.1):



Надежность для нижнего уровня будет равна:



Вывод: надежность, определенная для нижнего уровня удовлетворяет требованиям ITU-T, где  для линейного тракта длиной 2500 км.

Рассчитаем коэффициент готовности для верхнего уровня. Для этого определим приведенную плотность отказов по формуле (12.3):



Затем посчитаем вероятность отказов волоконного кабеля по формуле (12.2):



Определим плотность отказов мультиплексоров по формуле (12.5):



Теперь определим вероятность отказов мультиплексоров по формуле (12.4):



Рассчитаем коэффициент готовности по формуле (12.1):



Надежность для пространственного кольца определим по формуле (12.7):



Вывод: надежность, определенная для верхнего уровня удовлетворяет требованиям ITU-T, где  для линейного тракта длиной 2500 км.

Заключение

В данном курсовом проекте произведен расчет сетевого трафика для магистрального, дорожного и отделенческого уровней. Определена топология участка – “кольцо”. На основании полученных данных выбрано оборудование STM-1 и STM-4 для нижнего и верхнего уровней соответственно. Число мультиплексоров SMS-600V равно 6,а SMS-150С равно 34. В качестве среды передачи выбраны волоконные линии. Рассчитана максимальная длина регенерационного участка, которая составила 116 км. Рассчитана надежность для верхнего и нижнего уровней. Полученные значения удовлетворяют нормам ITU-T.

Построены следующие схемы: архитектура сети связи (нормальный режим работы), архитектура сети связи (аварийный режим работы), схема транспортной сети связи, схема управления телекоммуникациями, схема тактовой синхронизации.

Список литературы:

1. Слепов Н. Н. Синхронные цифровые сети SDH. «Эко - Тренд», М.1999 г.
2. Горбачёв Н. С., Купряшин И. А. Расчёт параметров волоконно-оптических кабелей. Методические указания к дипломному и курсовому проектированию. Омский ун-т путей сообщения. - Омск, 2002 г.
3. Функциональные модули систем синхронной цифровой иерархии (SDH). Часть 2: Методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплине “Цифровые системы передачи”/Н.С.Горбачев, С.А.Батраков, ОмГУПС. Омск, 2005. 32с.
4. Воронцов А.С., Гурин О. И. Оптические кабели связи российского производства. Справочник.- М.Эко-Трендз,2003.