

Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»
(СибГУТИ)

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) в г. Екатеринбурге
(УрТИСИ СибГУТИ)



ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.15 Многоканальные телекоммуникационные системы

Направление подготовки / специальность: **11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»**


Направленность (профиль) / специализация: **Транспортные сети и системы связи**

Форма обучения: **заочная**

Год набора: 2026

Разработчик (-и):

к.т.н., доцент


_____ / И.И. Шестаков
подпись

Оценочные средства обсуждены и утверждены на заседании многоканальной электрической связи (МЭС)

Протокол от 28.11.2025 г. № 4

Заведующий кафедрой  / Е.И. Гниломедов
подпись

Екатеринбург, 2025

Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»
(СибГУТИ)
Уральский технический институт связи и информатики (филиал) в г. Екатеринбурге
(УрТИСИ СибГУТИ)

УТВЕРЖДАЮ
директор УрТИСИ СибГУТИ
_____ Минина Е.А.
« ____ » _____ 2025 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.15 Многоканальные телекоммуникационные системы

Направление подготовки / специальность: **11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»**

Направленность (профиль) / специализация: **Транспортные сети и системы связи**

Форма обучения: **заочная**

Год набора: 2026

Разработчик (-и):
к.т.н., доцент

_____ /И.И. Шестаков/
подпись

Оценочные средства обсуждены и утверждены на заседании многоканальной электрической связи (МЭС)

Протокол от 28.11.2025 г. № 4

Заведующий кафедрой _____ /Е.И. Гниломедов/
подпись

Екатеринбург, 2025

1. Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Этап	Предшествующие этапы (с указанием дисциплин/практик)
ПК-1 Способен к проведению профилактических работ на оборудовании связи	ПК-1.2 Знает принципы построения, структурные схемы, состав и характеристики телекоммуникационного оборудования первичной сети связи и вторичных сетей, принципы организации сигнализации и синхронизации в телекоммуникационных сетях	3	Этап 1 Б1.В.01 Основы теории цепей Этап 2 Б1.В.02 Основы теории электромагнитных полей и волн Этап 2 Б1.В.07 Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей Этап 2 Б1.В.08 Теория связи
ПК-3 Способен проводить техническое обслуживание оборудования связи телекоммуникационных сетей	ПК-3.2 Умеет контролировать и измерять в процессе технического обслуживания параметры оборудования	1	–
ПК-7 Способен к разработке схемы организации связи телекоммуникационной системы	ПК-7.1 Знает принципы построения, систем связи, телекоммуникационных систем различного типа, производит обоснованный выбор информационных технологий по проекту, сравнительный анализ вариантов, подготавливает схему организации связи	1	–
ПК-8 Способен к разработке проектной документации на объект, (систему) связи, телекоммуникационную систему	ПК-8.2 Работает с текстовыми редакторами, графическими программами, оформляет содержательную часть проекта, формирует общую пояснительную записку, разрабатывает проектную документацию в соответствии с требованиями нормативно-технических документов	2	Этап 1 Б1.В.06 Элементная база телекоммуникационных систем Этап 1 Б1.В.08 Теория связи Этап 1 Б1.В.10 Схемотехника телекоммуникационных устройств

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – экзамен/ зачет/

По дисциплине предусмотрен *курсовой проект*.

2. Показатели, критерии и шкалы оценивания компетенций

2.1 Показателем оценивания компетенций на этапе их формирования при изучении дисциплины является уровень их освоения.

Индикатор освоения компетенции	Показатель оценивания	Критерий оценивания
ПК-1.2 Знает принципы построения, структурные схемы, состав и характеристики телекоммуникационного оборудования первичной сети связи и вторичных сетей, принципы организации сигнализации и синхронизации в телекоммуникационных сетях	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> -принципы построения сетей PDH, SDH и WDM; -структурные схемы сети PDH и SDH; -состав и характеристики телекоммуникационного оборудования сети PDH и SDH; - конфигурацию мультиплексоров PDH и SDH; -принципы организации сигнализации и синхронизации в телекоммуникационных сетях PDH и SDH. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - разрабатывать схемы организации связи, управления и синхронизации; -читать структурные схемы телекоммуникационных сетей <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками чтения схем сети связи в рамках профилактических работ 	<p>Знает принципы построения многоканальных систем связи, процессы организации каналов и трактов в многоканальных системах связи; знает термины и определения (канал связи, тракт передачи, линейный тракт, регенерационный участок, система передачи, линейный код); знает характеристики и параметры многоканальных систем передач. Знает, как составить отчет по лабораторным и практическим работам, как вести конспект лекций.</p> <p>Умеет применять методику расчета длины регенерационного участка; умеет разрабатывать схемы организации связи систем связи; умеет осуществлять расчеты параметров многоканальных систем передач; умеет осуществлять расчеты линейного и нелинейного кодирования, генераторного оборудования, скорости цифровых потоков. Умеет самостоятельно выполнять расчеты КП, оформить пояснительную записку. Умеет самостоятельно производить расчеты в лабораторно-практических работах, делать выводы.</p> <p>Владеет методами расчета длины регенерационного участка; навыками разработки схем организации связи, инструментами (навыками) решения задач расчета линейного и нелинейного кодирования, генераторного оборудования, скорости цифровых потоков.</p>
ПК-3.2 Умеет контролировать и измерять в процессе технического обслуживания параметры оборудования	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> -методики измерения и какое измерительное оборудование применяется для технического обслуживания телекоммуникационных сетей <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> -контролировать и измерять такие параметры системы связи, как: коэффициент ошибок, скорость передачи данных, глаз-диаграмма, маска импульса, в процессе технического обслуживания <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> -навыками контроля и измерения параметров системы связи в процессе технического обслуживания; -навыками работы с измерительным 	<p>Знает единицы измерений таких параметров как уровень и мощность сигнала, затухание и отражение сигнала. Умеет самостоятельно и правильно подключать измерительное оборудование к контрольным точка, грамотно считывать показания. Знает типы электрических и оптических интерфейсов, грамотно дает их расшифровку. Умеет самостоятельно строить графики зависимостей, подписывает название оси и указывает единицы измерений. Знает какие измерительные приборы применяются для измерений коэффициент ошибок, глаз-диаграммы, уровня мощности сигнала.</p>

	оборудованием	
ПК-7.1 Знает принципы построения, систем связи, телекоммуникационных систем различного типа, производит обоснованный выбор информационных технологий по проекту, сравнительный анализ вариантов, подготавливает схему организации связи	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - принципы построения систем связи PDH и SDH; - как производить обоснованный выбор информационных технологий по проекту; - как разрабатывать схему организации связи; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - производить выбор информационных технологий по проекту сетей; - разрабатывать схему организации связи <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками разработки схемы организации связи - навыками выбора той или иной технологии транспортной сети 	Самостоятельно и правильно умеет представлять качественные схемы в отчете, применяет графические обозначения согласно ГОСТу. Умеет грамотно описывать схемы. Умеет делать сравнительную характеристику технологий связи в виде сравнительной таблицы, знает достоинства и недостатки технологий транспортных многоканальных сетей связи. Умеет читать схемы и в случае ошибочного изображения, налету вносить изменения в схему. Вовремя сдает отчеты по лабораторным и практическим занятиям в соответствии с графиком.
ПК-8.2 Работает с текстовыми редакторами, графическими программами, оформляет содержательную часть проекта, формирует общую пояснительную записку, разрабатывает проектную документацию в соответствии с требованиями нормативно-технических документов	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - как работать в текстовых редакторах, графических программах содержательную часть проекта сети PDH или SDH; - как формировать общую пояснительную записку; - как разрабатывается проектная документация в соответствии с требованиями нормативно-технических документов; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - работать в текстовых редакторах, графических программах; - формировать общую пояснительную записку; <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками работы в текстовых редакторах, графических программах для формирования и оформления пояснительной записки проекта. 	Умеет самостоятельно работать в Visio, AutoCAD. При описании схем и проектных решений приводит ссылки на нормативно-техническую документацию, на стандарты. Предоставляет качественно-оформленный отчет и пояснительную записку.

Шкала оценивания.

Зачет

Бинарная шкала	Критерии оценки
Зачтено	В срок зачтены все лабораторные и практические работы
Не зачтено	Не зачтена хотя бы одна лабораторная или практическая работа

Экзамен

5-балльная шкала	Критерии оценки
Отлично «5»	Самостоятельно и правильно ответил на поставленные теоретические вопросы экзаменационного билета. Уверенно, логично, последовательно и аргументировано излагает свой ответ. Может ответить на дополнительные вопросы. Самостоятельно и правильно решил задачу экзаменационного билета. Уверенно и логично объясняет ход решения. Ответы на поставленные вопросы экзаменационного билета даются студентом без зачитывания с листа, где студентом сделаны отметки, подсказки, выкладки на поставленный вопрос билета.
Хорошо «4»	Самостоятельно ответил на поставленные теоретические вопросы экзаменационного билета. Не уверенно отвечает на уточняющие и дополнительные вопросы. Самостоятельно и правильно решил задачу экзаменационного билета. Уверенно и логично объясняет ход решения, обосновывая его законами «Теории электрических цепей». Ответы на поставленные вопросы экзаменационного билета даются студентом с подглядыванием в лист, где студентом сделаны отметки, подсказки, выкладки на поставленный вопрос билета.
Удовлетворительно «3»	Самостоятельно, но не полно ответил на поставленные теоретические вопросы экзаменационного билета. При этом допускает ошибки. Не уверенно или вообще не отвечает на уточняющие и дополнительные вопросы. Решил задачу экзаменационного билета. При наличии ошибок, может исправить их за счет наводящих вопросов. Не уверенно объясняет ход решения задачи. Ответы на поставленные вопросы экзаменационного билета даются студентом зачитывая в лист, где студентом сделаны отметки, подсказки, выкладки на поставленный вопрос билета.
Неудовлетворительно «2»	Ответы на поставленные вопросы экзаменационного билета даются студентом зачитывая в лист, где студентом сделаны отметки, подсказки, выкладки на поставленный вопрос билета. Не отвечает или дает неправильные ответы на уточняющие и дополнительные вопросы. Не решена задача экзаменационного билета, или задача решена неправильно.

Курсовой проект

5-балльная шкала	Критерии оценки
Отлично «5»	Самостоятельно и уверенно ориентируется в пояснительной записке. Дает быстрые и грамотные ответы. В случае обнаружения ошибки в работе, может быстро и самостоятельно ее исправить с пояснениями. Представлены качественные рисунки. Умеет применять условно-графические обозначения согласно ГОСТу. Без помощи преподавателя читает и поясняет схемы и представленные расчеты. Свободно отвечает на дополнительные вопросы в рамках КП. Пояснительная записка соответствует выданному ТЗ.

Хорошо «4»	Самостоятельно и не уверенно ориентируется в пояснительной записке. В случае обнаружения ошибки в работе, студент может исправить ее но посредством наводящих вопросов преподавателя. Представлены качественные рисунки. Частично умеет применять условно-графические обозначения согласно ГОСТу. С помощью наводящих вопросов преподавателя читает и поясняет схемы и представленные расчеты. Неуверенно отвечает на дополнительные вопросы в рамках КП. Пояснительная записка соответствует выданному ТЗ.
Удовлетворительно «3»	Не уверенно ориентируется в пояснительной записке. В случае обнаружения ошибки в работе, студент может исправить ее, но посредством наводящих вопросов преподавателя. Представлены не качественные рисунки. Частично умеет применять условно-графические обозначения согласно ГОСТу. С помощью наводящих вопросов преподавателя с трудом читает схемы, но не поясняет представленные расчеты. Неуверенно отвечает на дополнительные вопросы в рамках КП. Пояснительная записка соответствует выданному ТЗ.
Неудовлетворительно «2»	Плохо ориентируется в пояснительной записке. В случае обнаружения ошибки в работе, не может исправить их и пояснить. Представлены некачественные рисунки. Не умеет применять условно-графические обозначения согласно ГОСТу. Не умеет читать и пояснять схемы и представленные расчеты. Не отвечает на дополнительные вопросы в рамках КП. Пояснительная записка не соответствует выданному ТЗ.

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания по дисциплине

3.1. В ходе реализации дисциплины используются следующие формы и методы текущего контроля

Тема и/или раздел	Формы/методы текущего контроля успеваемости
ПК-1.2 Знает принципы построения, структурные схемы, состав и характеристики телекоммуникационного оборудования первичной сети связи и вторичных сетей, принципы организации сигнализации и синхронизации в телекоммуникационных сетях	
Раздел 1 Введение	Самостоятельная работа, конспект лекций ДКР (для ЗФО)
Раздел 2 Многоканальные аналоговые системы передачи с ЧРК	Самостоятельная работа, конспект лекций Лабораторные занятия ДКР (для ЗФО)
Раздел 3 Многоканальные цифровые системы передачи с ВРК	Самостоятельная работа, конспект лекций Лабораторные занятия Практические занятия Курсовой проект ДКР (для ЗФО)
Раздел 4 Цифровые иерархии	Самостоятельная работа, конспект лекций Лабораторные занятия Курсовой проект

	ДКР (для ЗФО)
Раздел 5 Организация цифровых линейных трактов (ЦЛТ).	Самостоятельная работа, конспект лекций Лабораторные занятия Практические занятия Курсовой проект ДКР (для ЗФО)
Раздел 6 Аппаратура ЦСП	Самостоятельная работа, конспект лекций Практические занятия Курсовой проект ДКР (для ЗФО)
Раздел 7 Принцип технической эксплуатации ЦСП	Самостоятельная работа, конспект лекций Практические занятия ДКР (для ЗФО)
ПК-3.2 Умеет контролировать и измерять в процессе технического обслуживания параметры оборудования	
Раздел 1 Введение	Самостоятельная работа, конспект лекций ДКР (для ЗФО)
Раздел 2 Многоканальные аналоговые системы передачи с ЧРК	Самостоятельная работа, конспект лекций ДКР (для ЗФО)
Раздел 3 Многоканальные цифровые системы передачи с ВРК	Самостоятельная работа, конспект лекций ДКР (для ЗФО)
Раздел 4 Цифровые иерархии	Самостоятельная работа, конспект лекций ДКР (для ЗФО)
Раздел 5 Организация цифровых линейных трактов (ЦЛТ).	Самостоятельная работа, конспект лекций Практические занятия ДКР (для ЗФО)
Раздел 6 Аппаратура ЦСП	Самостоятельная работа, конспект лекций ДКР (для ЗФО)
Раздел 7 Принцип технической эксплуатации ЦСП	Самостоятельная работа, конспект лекций ДКР (для ЗФО)
ПК-7.1 Знает принципы построения, систем связи, телекоммуникационных систем различного типа, производит обоснованный выбор информационных технологий по проекту, сравнительный анализ вариантов, подготавливает схему организации связи	
Раздел 1 Введение	Самостоятельная работа, конспект лекций ДКР (для ЗФО)
Раздел 2 Многоканальные аналоговые системы передачи с ЧРК	Самостоятельная работа, конспект лекций Лабораторное занятие ДКР (для ЗФО)
Раздел 3 Многоканальные цифровые системы передачи с ВРК	Самостоятельная работа, конспект лекций

	Лабораторное занятие Практическое занятие Курсовой проект ДКР (для ЗФО)
Раздел 4 Цифровые иерархии	Самостоятельная работа, конспект лекций Лабораторное занятие Курсовой проект ДКР (для ЗФО)
Раздел 5 Организация цифровых линейных трактов (ЦЛТ).	Самостоятельная работа, конспект лекций Лабораторное занятие Практическое занятие Курсовой проект ДКР (для ЗФО)
Раздел 6 Аппаратура ЦСП	Самостоятельная работа, конспект лекций Практическое занятие Курсовой проект ДКР (для ЗФО)
Раздел 7 Принцип технической эксплуатации ЦСП	Лекционные занятия Практическое занятие Курсовой проект ДКР (для ЗФО)
ПК-8.2 Работает с текстовыми редакторами, графическими программами, оформляет содержательную часть проекта, формирует общую пояснительную записку, разрабатывает проектную документацию в соответствии с требованиями нормативно-технических документов	
Раздел 4 Цифровые иерархии	Курсовой проект
Раздел 5 Организация цифровых линейных трактов (ЦЛТ).	Самостоятельная работа, конспект лекций Лабораторное занятие Практическое занятие Курсовой проект ДКР (для ЗФО)
Раздел 6 Аппаратура ЦСП	Самостоятельная работа, конспект лекций Курсовой проект ДКР (для ЗФО)
Раздел 7 Принцип технической эксплуатации ЦСП	Самостоятельная работа, конспект лекций Практическое занятие Курсовой проект ДКР (для ЗФО)

3.2. Типовые материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

ПК-1 Способен к проведению профилактических работ на оборудовании связи

Конспект лекции

«Структура мультиплексирования и элементы структуры мультиплексирования SDH»

Информация, поступающая в сеть, согласовывается со структурами, с помощью которых

поддерживаются соединения. В SDH эти структуры образуются в сетевых слоях секций и трактов и транспортируют различные цифровые потоки. В функции этих структур входит также компенсация возможных изменений скорости и фаз транспортируемых по сети SDH цифровых потоков.

Рекомендации G.708 и G.709 предусматривают использование следующих элементов:

- 1 C-n – Контейнер (Container);
- 2 VC-n – Виртуальный контейнер;
- 3 TU-n – Транспортный блок (Tributary Unit);
- 4 TUG-n – Группа транспортных блоков (Tributary Unit Group);
- 5 AU-n – Административный блок (Administrative Unit);
- 6 AUG – Группа административных блоков (Administrative Unit Group);
- 7 STM-N – Синхронный транспортный модуль.

Рассмотрим структуру и назначение данных элементов.

1 C-n – информационная структура, являющаяся базовым элементом сигнала STM, представляет собой группу байтов, выделенных для переноса сигналов со скоростями по рекомендации G.702, или другими словами, с сигналами PDH на входе в SDH-мультиплексор. Контейнер представляет собой информационную структуру, которая стандартизирует емкости каналов передачи для существующих PDH сигналов, ячеек АТМ и других возможных сигналов и кадров. Данная информационная структура, формирует синхронную с сетью информационную нагрузку для виртуального контейнера. Кроме информационных битов, контейнер содержит биты выравнивания (justification bits) для синхронизации сигнала PDH по частоте тактового сигнала SDH (согласование скоростей или выравнивание), называемые битами переменного стаффинга, а также другие стаффинг-биты, называемые битами постоянного стаффинга.

В таблице 1 приведено соответствие между скоростями потока PDH и аббревиатурой соответствующего контейнера.

Таблица 1 – Контейнеры, используемые для передачи сигналов PDH

Уровень иерархии	Контейнер	Сигнал PDH, Мбит/с
1	C-11	1,544
	C-12	2,048
2	C-2	6,312
3	C-3	34,368 и 44,736
4	C-4	139,264

Контейнеры обозначают буквой С за которой следует одна или две цифры. Первая цифра идентифицирует иерархический уровень плезиохронного потока, вторая указывает на иерархичность плезиохронного уровня, который среди двух стандартов (американского и европейского) обладает более высокой скоростью цифрового потока.

В частности, при обозначении контейнеров для передачи сигналов PDH первого уровня иерархии, контейнер, предназначенный для передачи сигналов более низкой скорости (1,544 Мбит/с) обозначают C-11, а более высокой скорости (2,048 Мбит/с) – C-12.

В таблице 3 не приведен сигнал европейской PDH со скоростью 8,448 Мбит/с, так как в настоящее время контейнер C-2 предназначен для транспортировки не сигналов PDH, а сигналов с неиерархическими скоростями (например, ячеек АТМ). Поэтому прямой ввод в аппаратуру SDH сигнала PDH 8,448 Мбит/с не применяется.

2 VC-n – информационная структура, состоящая из информационной посылки – полезной информации (payload) и дополнительных байтов маршрута – трактового заголовка (Path Overhead, POH). POH вводится для управления маршрутом VC и выполнения функций ОАМ. С помощью POH компенсируют колебания фазы и отклонения тактовой частоты, вводимых VC-n, относительно STM-N или VC-n высшего порядка и указывают начало их циклов. Позиции

указателей в VC-n являются строго фиксированы. Таким образом, всегда известно начало цикла информационной нагрузки, что обеспечивает ввод/вывод VC-n без переформирования многоканального сигнала, то есть обеспечивается прямое мультиплексирование сигналов в линейный тракт.

При помощи VC-n стандартные потоки PDH и другие сигналы транспортируются по сети SDH. Данная информационная структура используется для организаций соединений на уровне трактов сетевой модели SDH. VC-n является маршрутизируемым блоком данных транспортной сети.

Виртуальные контейнеры обозначают – VC, за которой следует одна или две цифры, соответствующие контейнеру C-n, который может быть введен в данный VC-n. При этом номер отображает скоростной режим компонентных данных.

VC-n является базовой структурой в сетевых трактах SDH. В зависимости от вида тракта, VC имеет период повторения 125 мкс или 500 мкс. Именно VC-n передаются по линейным трактам и переключаются в сетевых узлах. Сетевая обработка (ввод/вывод, оперативные переключения) VC-n выполняется независимо от вида их нагрузки. В пункте назначения сигналы нагрузки «выгружаются» из контейнеров в исходном виде.

В зависимости от объема цифровой информации в потоках PDH разработаны соответствующие типы VC, которые подразделяются на VC низкого порядка – LOVC и высокого порядка – HOVC.

При этом VC-11, VC-12 и VC-2 являются виртуальными контейнерами низкого порядка, VC-4 – высокого порядка, а VC-3 является виртуальным контейнером низкого порядка, если формируется из C-3 и высокого порядка, если формируется из виртуальных контейнеров низкого порядка (например, VC-12).

Виртуальные контейнеры низкого порядка формируются из контейнеров C-n и POH. В виртуальные контейнеры высокого порядка вместо C-n может входить TUG-n.

В таблице 2 приведены максимально предельные скорости сигналов V_m , которые можно передавать по VC. Величину V_m также называют емкостью VC.

Таблица 2 – Предельные скорости сигналов, передаваемых по VC-n

VC-n	VC-11	VC-12	VC-2	VC-3	VC-4
V_m , Мбит/с	1600	2176	6784	48384	149760

3 TU-n – информационная структура, обеспечивающая согласование между уровнем трактов нижнего порядка и уровнем трактов высшего порядка. В разных изданиях транспортный блок также называют субблоком, трибутарным или компонентным блоком. TU-n, где n варьируется от 1 до 3, состоит из информационной нагрузки – VC низшего порядка и указателя TU (Pointer, TU PTR).

Процедура формирования TU предусмотрена для дальнейшего объединения (мультиплексирования) одинаковых и различных VC, в которые данные помещаются, начиная с некоторой адресуемой позиции (номера байта), записываемый в PTR, который показывает смещение между началом цикла LOVC и началом цикла HOVC. Это обусловлено необходимостью последующего побайтного мультиплексирования. Таким образом, разнородная нагрузка, помещаемая в VC-n, которые между собой не обязательно согласованы во времени (по фазе), преобразуется в стандартные мультиплексируемые блоки данных. Функцией транспортного блока является подготовка к объединению однородных VC-n в группы.

4 TUG-n – информационная структура, состоящая из одного или нескольких TU-n, занимающих фиксированные позиции в нагрузке VC-n высокого порядка. TUG-n, где n = 2 или n = 3, является группой идентичных TU-n или TUG-n, позволяющая осуществлять смещение полезной нагрузки для увеличения гибкости транспортной сети. TUG-2 состоит из однородной совокупности TU-11, TU-12 или TU-2, TUG-3 состоит из однородной совокупности TUG-2 или

TU3. При помощи TUG объединяются однородные потоки, находящиеся в TU низкого иерархического уровня в одну группу. Мультиплексирование цифровых потоков осуществляется побайтно.

5 AU-n – информационная структура, состоящая из виртуального контейнера высокого порядка и указателя AU (AU PTR), который занимает фиксированное место в цикле STM-N и показывает смещение кадра VC относительно начала кадра STM-N. AU-n обеспечивает адаптацию между информационной посылкой (VC высокого порядка) и STM-N. Используется для дальнейшего укрупнения блоков данных и передачи (транспортировки) их по физической среде. AU обеспечивает сопряжение уровня трактов высшего порядка и уровня секции мультиплексирования на сетевой модели SDH.

Определены два вида административных блоков: AU-4, состоящий из VC-4 и AU PTR, и AU-3, состоящий из VC-3 и AU PTR.

6 AUG – информационная структура, состоящая из однородной совокупности AU-4 или трех AU-3, занимающая фиксированное положение в нагрузке STM. Три AU-3 объединяются в AUG мультиплексированием с чередованием байтов (byte interleaved multiplexing), а AU-4 «преобразуется» в AUG без изменений. В результате формируется единый стандартный блок для дальнейшего преобразования в STM-N.

7 STM-N – информационная структура, состоящая из информационной нагрузки и секционного заголовка, объединенных в блочную цикловую структуру с периодом повторения 125 мкс. Данная информация соответственно подготовлена для последовательной передачи со скоростью, синхронизированной с сетью.

STM-N содержит n групп AUG и секционный заголовок (Section Overhead, SOH), с информацией касающейся кадрирования, обслуживания и работы (цифровой синхросигнал, байты оценки вероятности ошибки, каналы для передачи сигналов управления, идентификатор STM, служебные каналы со скоростью передачи 64 кбит/с). SOH состоит из RSOH (Regenerator SOH), формирующегося в регенерационной секции и MSOH (Multiplexer SOH), формирующегося в мультиплексорной секции.

На рисунке 1 показано размещение вышерассмотренных элементов структуры мультиплексирования на сетевой модели SDH.

Уровень каналов			E1, E3, E4, DS1, DS2, DS3
Отображение данных в контейнеры C-11, C-12, C-2, C-3, C-4			
Уровень трактов	Низшего порядка		VC-11, VC-12, VC-2, VC-3
	Формирование TU-N, TUG-N		
	Высшего порядка		VC-3, VC-4
Формирование AU-3, AU-4, AUG			
Уровень среды передачи	Секции	Мультиплексорная	Формирование и анализ заголовка MSH
		Регенерационная	Формирование и анализ заголовка RSH
	Физическая среда		Передача STM-N

Рисунок 1 – Место элементов структуры мультиплексирования на сетевой модели SDH

Алгоритм объединения информационных элементов или структура мультиплексирования, согласно рекомендации G.709, приведена на рисунке 3. Данная схема является обобщенной, с ее помощью можно объединять сигналы всех существующих иерархий PDH, ячейки ATM и другие сигналы, помещая их в VC, имеющих скорости передачи, приведенные в таблице 4.

На данном алгоритме в структурах AU и TU производится обработка указателей (pointer processing). Кроме того, выполняются следующие процессы:

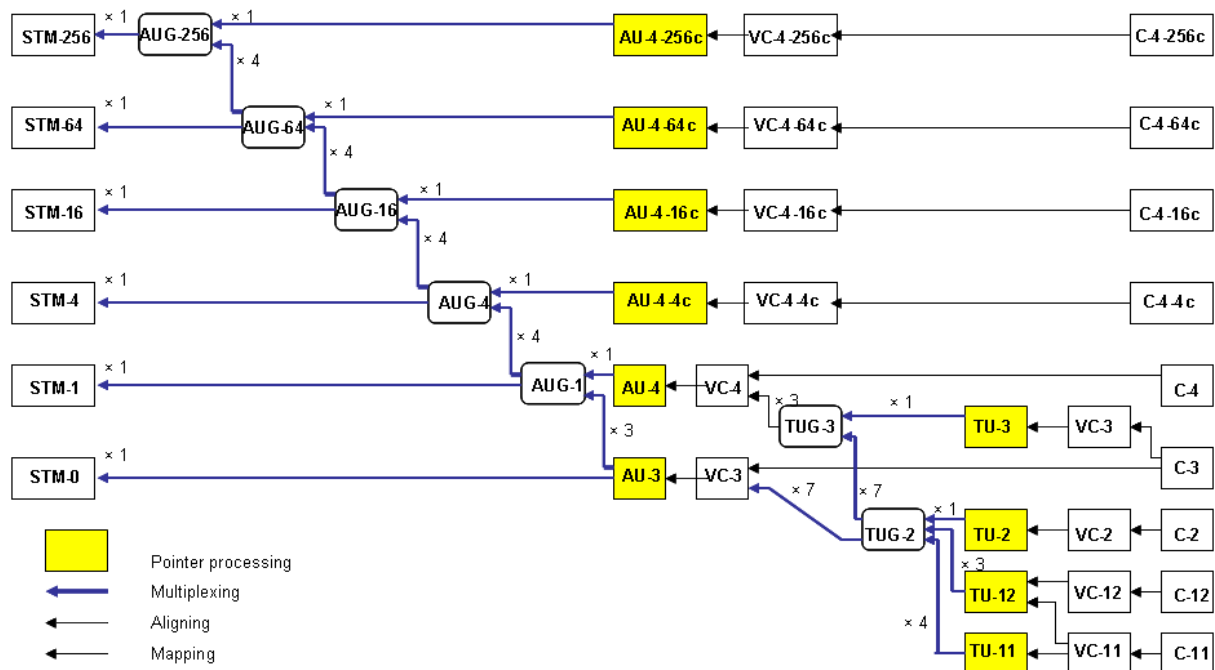


Рисунок 3 – Обобщенный алгоритм мультиплексирования SDH

SDH – размещение (SDH Mapping). Процедура согласования сигналов нагрузки виртуальным контейнерам в границах сети SDH. С помощью этой процедуры цифровые потоки согласуются с VC. В SDH используют синхронное и асинхронное размещение.

SDH – мультиплексирование (SDH Multiplexing). Процедура согласования нескольких сигналов уровня трактов низкого порядка к тракту высокого порядка или нескольких сигналов уровня трактов высокого порядка к мультиплексорной секции. Цифры над стрелкой обозначают число объединяемых потоков.

SDH – выравнивание (SDH Aligning). Процедура, посредством которой в транспортный или административный блок вводится информация о величине отступа начала цикла нагрузки от начала цикла обслуживающего сетевого уровня. Процедура позволяет динамично компенсировать изменения скорости и фазы нагрузки TU или AU.

Данный алгоритм позволяет формировать поток STM любого уровня без промежуточного мультиплексирования в потоки STM-1. Так, например, можно получить STM-4 и STM-16 непосредственно из компонентных потоков E1, E3, E4 в любых комбинациях.

Также в структуре алгоритма присутствует STM-0, который содержит 21 поток E1, что значительно расширяет возможности использования технологии SDH в сетях доступа, так как возможно создание дешевых одноплатных мультиплексоров.

Рассматриваемый алгоритм допускает неоднозначность формирования STM-N из различных компонентных сигналов, поэтому рекомендация G.708 устанавливает следующие правила сетевых соединений:

–при объединениях AUG, одна из которых составлена на основе AU-4, а другая – на основе AU-3, предпочтение отдается первой группе. AUG основанная на AU-3, должна демультиплексироваться до уровня VC-3 или TUG-2 (в зависимости от вида нагрузки) и вновь собираться в AUG по пути TUG-3 → VC-4 → AU-4;

–при объединениях VC-11, для транспортирования которых можно использовать как TU-11, так и TU-12, предпочтение отдается TU-11. При этом VC-11 может транспортироваться в TU-12 с преобразованием VC-11 → VC-12.

Кроме сигналов PDH существует необходимость передавать другие сигналы, скорость которых плохо согласуется со скоростями VC, приведенными в таблице 4. Такие сигналы передают в специальных структурах, называемых сцепками (concatenation).

Под сцепкой понимают процедуру объединения нескольких VC, в результате которой их совокупная емкость может быть использована как один контейнер, в котором обеспечивается целостность последовательности бит. Имеется два вида сцепок – смежные (contiguous) и виртуальные (virtual) Сцепки обоих видов образуют тракт с пропускной способностью, в X раз большей, чем скорость у одиночного контейнера C , но различаются процессами передачи между точками окончания тракта. Сцепки имеют следующее обозначение VC- n - X_s , где

VC- n – объединяемый VC уровня n ;

X – коэффициент сцепки (число объединяемых VC),

s – вид сцепки (s – смежная, v – виртуальная).

Емкость сцепки (скорость передачи информационной нагрузки) определяется по формуле 1:

$$V_s = V_m \cdot X, \quad (1)$$

где V_m – емкость объединяемых VC.

При смежной сцепке тракт с требуемой пропускной способностью создается по всей трассе, в каждом сетевом элементе. Смежные сцепки определены для виртуальных контейнеров VC-4 и VC-2. Нагрузка размещается в X соседних блоках AU-4 (для VC-4) или TU-2 (для VC-2). Указатель PTR первого из объединяемых блоков обозначает начало сцепки, а указатели остальных блоков сообщают о принадлежности данных блоков к сцепке. Трактовый заголовок РОН первого блока обслуживает всю сцепку.

В сцепках VC-4- X_s значение $X = N$, где $N = 4, 16, 64, 256$, что соответствует уровням иерархии STM. Емкость смежных сцепок исходя из формулы 2 может быть от $V_s = 149760 \cdot 4 = 599040$ кбит/с при $X = 4$ до $V_s = 149760 \cdot 64 = 438338560$ кбит/с при $X = 256$.

В сцепках VC-2- X_s значение $X = 2 \div 7$, а емкость, соответственно, изменяется от $V_s = 6784 \cdot 2 = 13568$ кбит/с при $X = 2$ до $V_s = 6784 \cdot 7 = 47448$ кбит/с при $X = 7$. Функцией таких сцепок является заполнение «бреши» между VC-2 и VC-3 ступенями по 6784 кбит/с.

При виртуальной сцепке нагрузка разделяется и передается по отдельным VC. Затем она вновь объединяется в конечном пункте. Таким образом, функции сцепки нужны только в окончаниях тракта. Виртуальные сцепки определены для всех VC- n . Каждый из X виртуальных контейнеров, в которых размещается нагрузка сцепки, имеет стандартный РОН. Поскольку время передачи по сети отдельных VC- n может различаться, при восстановлении сигнала на конце тракта необходимо компенсировать разности задержек контейнеров и расставить их по местам в сцепке.

Емкость виртуальных сцепок VC-4- X_v и VC-3- X_v равна $149760 \cdot X$ кбит/с и $48384 \cdot X$ кбит/с соответственно, где $X = 2 \div 256$.

Емкость виртуальных сцепок VC-2- X_v , VC-12- X_v и VC-11- X_v равна $6784 \cdot X$; $2176 \cdot X$; $1600 \cdot X$ кбит/с соответственно, где $X = 2 \div 64$.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Исследование принципов построения МТС с ЧРК

1 Цель работы:

1.1 Изучить упрощенную структурную схему и принцип действия многоканальной телекоммуникационной системы передачи с разделением каналов по частоте.

1.2 Исследовать работу МТС с ЧРК путем наблюдения осциллограмм при коммутации каналов осциллографа в разных режимах работы.

2 Подготовка к работе:

2.1 Изучить теоретический материал, относящийся к данной работе по литературе [1 – 3, 7], конспекту лекций, приложения к лабораторной работе.

2.2 Для самопроверки готовности к выполнению работы сформулировать ответы на контрольные

вопросы допуска к работе.

2.2.1 Каковы основные принципы многократного использования физических цепей?

2.2.2 Какие методы разделения каналов Вы знаете?

2.2.3 В чем заключается принцип частотного разделения каналов (ЧРК)?

2.2.4 Какие устройства необходимы для осуществления ЧРК?

2.3 Рассчитать НБП и ВБП каждого канала на выходе передающей станции. Данные: три одинаковых источника модулирующих сигналов с частотой 1 кГц и три источника сигналов несущих частот: для 1-го канала частота 4 кГц, для 2-го - 8 кГц, для 3-го 12 кГц.

2.4 Рассчитать полосу пропускания канального полосового фильтра, если он выделяет нижнюю боковую полосу частот.

Таблица 1- Исходные данные по вариантам

Вариант	Значение несущей частоты, кГц
1	108
2	72
3	80
4	104
5	76
6	88
7	100
8	84
9	92
0	64

Данные: значение несущей определяется из таблицы 1 (вариант определяется последней цифрой порядкового номера в журнале), для всех вариантов частота сигнала $f_{cp} = 0,3 - 3,4$ кГц.

2.5 Подготовить бланк отчета.

3 Основное оборудование:

3.1 Презентационная программа «Исследование систем передачи с ЧРК и ВРК».

3.2 Персональный компьютер.

4 Порядок выполнения работы:

4.1 Изучить приложение к методическим указаниям данной лабораторной работы.

4.2 Исследовать принцип работы МТС с ЧРК путем наблюдения осциллограмм при коммутации каналов осциллографа к точкам на схеме в разных режимах работы. Перед снятием осциллограмм необходимо выбрать пункт меню «ЧРК» и ознакомиться с пунктами меню «Помощь» и «Осциллограф».

4.3 Пользуясь имитационной моделью МТС с ЧРК снять осциллограммы напряжений в характерных точках макета соблюдая при зарисовке одинаковый масштаб в следующей последовательности:

4.3.1 На выходе источника модулирующего сигнала 1-го, 2-го и 3-го каналов в гнездах 01, 03, 05. Для этого необходимо выбрать пункт меню «Соединить» и ввести соединяемые точки. Указанное гнездо (01 или 03 или 05) можно соединять с первым каналом осциллографа (точка 31) или вторым каналом осциллографа (точка 32). Для наблюдения осциллограммы необходимо выбрать пункт меню «Осциллограф». Перед соединением следующего гнезда следует разъединить предыдущее соединение, используя пункт меню «Разъединить».

4.3.2 На выходах генераторов несущих частот передающей станции в гнездах 07, 08, 09.

4.3.3 На выходах модуляторов 1-го, 2-го, 3-го каналов в гнездах 10, 11, 12, предварительно соединив гнезда 01-02, 03-04, 05-06.

4.3.4 На выходах канальных полосовых фильтров в гнездах 13,14,15.

4.3.5 На входе линии связи, обладающей затуханием и накоплением помех в гнезде 16.

4.3.6 На выходе линии связи в гнезде 17.

- 4.3.7 На выходе входного трансформатора приемной станции в гнезде 18.
 4.3.8 На выходах разделительных фильтров приемной части модели станции в гнездах 19, 20, 21.
 4.3.9 На выходах канальных демодуляторов в гнездах 22, 23, 24.
 4.3.10 На выходах генераторов несущих частот приемной станции в гнездах 25, 26, 27.
 4.3.11 На выходе 1-го, 2-го, 3-го каналов в гнездах 28, 29, 30.
 4.4 Оформить отчет.

5 Контрольные вопросы:

- 5.1 Укажите назначение узлов МТС с разделением каналов по частоте в тракте передачи и приема.
 5.2 Какова классификация способов передачи амплитудно-модулированных сигналов?
 5.3 Перечислите достоинства многоканальных систем с передачей одной боковой полосы частот без несущей.
 5.4 Как влияет на качество передачи сигналов канала работа отдельных узлов схемы?

6 Содержание отчета:

- 6.1 Цель работы.
 6.2 Ответы на вопросы допуска.
 6.3 Результаты выполнения заданий 2.2, 2.3 и 2.4.
 6.4 Структурная схема модели системы передачи с ЧРК.
 6.5 Осциллограммы напряжений в заданных точках.
 6.6 Ответы на контрольные вопросы.
 6.7 Выводы по работе.

ПК-3 Способен проводить техническое обслуживание оборудования связи телекоммуникационных сетей

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

Определение уровня мультиплексорного оборудования

1 Цель работы:

- 1.1 Изучить методику расчета уровня мультиплексорного оборудования.
 1.2 Получить навыки в определении типов и числа трибных интерфейсных блоков мультиплексорного оборудования SDH.

2 Подготовка к работе:

- 2.1 Изучить теоретический материал, относящийся к данной работе по литературе и конспекту лекций.
 2.2 Подготовить бланк отчета с ответами на контрольные вопросы. В отчете отразить задание, исходные данные, шаблон для построения графиков зависимостей, шаблоны таблиц (при необходимости, см. задание).

3 Задание:

- 3.1 По исходным данным таблицы 1 рассчитать уровень мультиплексора для топологии «двухнаправленное кольцо» со 100% резервированием или шинной топологии. Тип топологии указывается преподавателем.

Таблица 1 – Варианты заданий

Вариант	Число населенных пунктов	Число потоков E1 между населенными пунктами
1	2	3
1	A, B, C, D, E, F	A↔B – 15 E1 A↔C – 20 E1 A↔D – 30 E1 A↔E – 17 E1 A↔F – 10 E1 B↔C – 21 E1 B↔D – 21 E1 B↔E – 63 E1

		$B \leftrightarrow F - 17 \text{ E1}$ $D \leftrightarrow E - 7 \text{ E1}$ $D \leftrightarrow F - 7 \text{ E1}$ $E \leftrightarrow F - 10 \text{ E1}$
2	A, B, C, D	$A \leftrightarrow B - 40 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow C - 32 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow D - 16 \text{ E1}$ $B \leftrightarrow C - 20 \text{ E1}$ $B \leftrightarrow D - 38 \text{ E1}$ $C \leftrightarrow D - 16 \text{ E1}$
3	A, B, C, D, E, F	$A \leftrightarrow B - 15 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow C - 10 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow D - 25 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow E - 10 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow F - 10 \text{ E1}$ $B \leftrightarrow C - 30 \text{ E1}$ $B \leftrightarrow D - 10 \text{ E1}$ $B \leftrightarrow E - 40 \text{ E1}$ $B \leftrightarrow F - 10 \text{ E1}$ $C \leftrightarrow D - 10 \text{ E1}$ $C \leftrightarrow E - 22 \text{ E1}$ $C \leftrightarrow F - 10 \text{ E1}$ $E \leftrightarrow F - 10 \text{ E1}$ $D \leftrightarrow E - 10 \text{ E1}$ $D \leftrightarrow F - 10 \text{ E1}$
4	A, B, C, D, E	$A \leftrightarrow B - 63 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow C - 21 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow D - 12 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow E - 21 \text{ E1}$ $B \leftrightarrow C - 5 \text{ E1}$ $B \leftrightarrow D - 10 \text{ E1}$ $B \leftrightarrow E - 10 \text{ E1}$ $C \leftrightarrow D - 42 \text{ E1}$ $C \leftrightarrow E - 42 \text{ E1}$ $D \leftrightarrow E - 21 \text{ E1}$
5	A, B, C, D, E, F	$A \leftrightarrow B - 10 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow C - 10 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow D - 10 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow E - 10 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow F - 70 \text{ E1}$ $B \leftrightarrow C - 10 \text{ E1}$ $B \leftrightarrow D - 30 \text{ E1}$ $B \leftrightarrow E - 10 \text{ E1}$ $B \leftrightarrow F - 80 \text{ E1}$ $C \leftrightarrow D - 10 \text{ E1}$ $C \leftrightarrow E - 10 \text{ E1}$ $C \leftrightarrow F - 10 \text{ E1}$ $E \leftrightarrow F - 10 \text{ E1}$
6	A, B, C, D, E	$A \leftrightarrow B - 21 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow C - 22 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow D - 21 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow E - 21 \text{ E1}$ $B \leftrightarrow C - 63 \text{ E1}$ $B \leftrightarrow D - 10 \text{ E1}$ $B \leftrightarrow E - 84 \text{ E1}$ $C \leftrightarrow D - 10 \text{ E1}$ $C \leftrightarrow E - 10 \text{ E1}$ $D \leftrightarrow E - 10 \text{ E1}$

7	A, B, C, D, E	$A \leftrightarrow B - 100 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow C - 33 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow D - 21 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow E - 41 \text{ E1}$ $B \leftrightarrow C - 63 \text{ E1}$ $B \leftrightarrow D - 21 \text{ E1}$ $B \leftrightarrow E - 20 \text{ E1}$ $C \leftrightarrow D - 63 \text{ E1}$ $C \leftrightarrow E - 63 \text{ E1}$ $D \leftrightarrow E - 30 \text{ E1}$
8	A, B, C, D, E	$A \leftrightarrow B - 42 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow C - 21 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow D - 88 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow E - 21 \text{ E1}$ $B \leftrightarrow C - 21 \text{ E1}$ $B \leftrightarrow D - 21 \text{ E1}$ $B \leftrightarrow E - 11 \text{ E1}$ $C \leftrightarrow D - 20 \text{ E1}$ $C \leftrightarrow E - 21 \text{ E1}$ $D \leftrightarrow E - 21 \text{ E1}$
9	A, B, C, D, E	$A \leftrightarrow B - 50 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow C - 42 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow D - 42 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow E - 42 \text{ E1}$ $B \leftrightarrow C - 21 \text{ E1}$ $B \leftrightarrow D - 17 \text{ E1}$ $D \leftrightarrow E - 7 \text{ E1}$ $C \leftrightarrow D - 7 \text{ E1}$ $C \leftrightarrow E - 15 \text{ E1}$ $D \leftrightarrow E - 7 \text{ E1}$
10	A, B, C, D	$A \leftrightarrow B - 44 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow C - 16 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow D - 56 \text{ E1}$ $B \leftrightarrow C - 16 \text{ E1}$ $B \leftrightarrow D - 16 \text{ E1}$ $C \leftrightarrow D - 20 \text{ E1}$

4 Методические указания:

Для определения уровня STM используются следующие исходные данные: структура сети с указанием местоположения мультиплексоров, количество цифровых потоков E1 между различными узлами сети, метод защиты синхронных потоков.

На основании этого строится матрица кратчайших путей и ребер. Она включает перечень взаимодействующих узлов сети, количество цифровых потоков, перечень участков сети которые используются для создания основных и резервных путей.

Для защиты используются специально заложенные “емкости” между узлами. В кольцевой и ячеистой топологии под “емкостью” понимаются дублирующие свободные соединения, то есть тракты (потоки). В остальных топологиях дублируются мультиплексорные секции (агрегатные платы оборудования и волокна кабеля).

Рассмотрим пример 1 составления матрицы. Пусть известны: структура сети (рисунок 1), распределение потоков E1 между пунктами сети (таблица 2).

Таблица 2 – Распределение потоков E1 между пунктами сети

	A	B	C
A	X	15	20
B	15	X	25
C	20	25	X
Итого	35	40	45

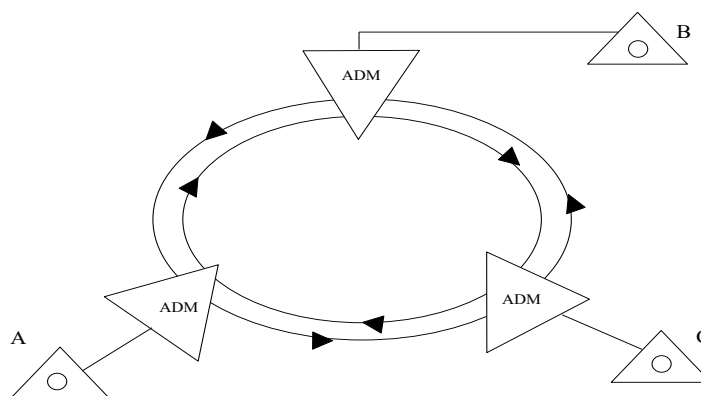


Рисунок 1 – Структура кольцевой сети

Таблица 3 – Матрица кратчайших путей и ребер

Таблица 3. Матрица кратчайших путей и резервов									
Исход. стан-ции	Вход Стан-ции	Кол-во Е1	Путь передачи	Участки сети					
				A-B	B-A	B-C	C-B	C-A	A-C
A	B	15	Основной	15					
		15	Резервный				15		15
	C	20	Основной						20
		20	Резервный	20		20			
B	A	15	Основной		15				
		15	Резервный			15		15	
	C	25	Основной			25			
		25	Резервный		25				25
C	A	20	Основной					20	
		20	Резервный		20		20		
	B	25	Основной				25		
		25	Резервный	25				25	
Суммарное число потоков Е1 по сети				60	60	60	60	60	60

После заполнения матрицы определяется суммарное число трактов Е1 для каждого участка сети (Стреб). В примере Стреб=60.

С учетом коэффициента запаса на развитие сети (Кр) необходимое число цифровых потоков должно удовлетворять следующему условию: $S_n \geq K_p \cdot \text{Стреб}$. Рекомендуется коэффициент развития $K_p = 1,4 \dots 1,5$.

Тип STM выбирается с учетом стандарта уровней. Если $0 < S_n \leq 63$, то выбираем STM-1, если $63 < S_n \leq 252$, то – STM-4, если $252 < S_n \leq 1008$, то – STM-16, если $1008 < S_n \leq 4032$, то STM-64.

В топологии «кольцо» всегда одинаковое число потоков на участках сети и применяется оборудование одного уровня STM-N.

Рассмотрим пример 2 составления матрицы. Пусть известны: структура сети (рисунок 2), распределение потоков Е1 между пунктами сети (таблица 4).

Таблица 4- Распределение потоков Е1 между пунктами сети

	A	B	C	D	E
A	X	114	111	111	115
B	114	X	111	111	115
C	111	111	X	111	111
D	111	111	111	X	111
E	115	115	111	111	X
Итого	451	451	444	444	452

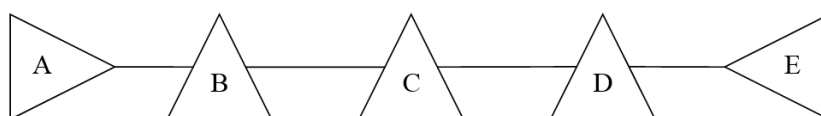


Рисунок 2- Структура последовательной линейной цепи

Таблица 5 - Матрица кратчайших путей и ребер

Исходная станция	Входящие станции	Количество E1	Путь передачи	Участки сети							
				A-B	B-A	B-C	C-B	C-D	D-C	D-E	E-D
A	B	114	основной	114							
	C	111		111							
	D	111		111		111					
	E	115		115		115		115			
B	A	114	основной		114						
	C	111				111					
	D	111				111		111			
	E	115				111		111		111	
C	A	111	основной		111		111				
	B	111					111				
	D	111						111			
	E	111						111		111	
D	A	111	основной		111		111		111		
	B	111					111		111		
	C	111						111			
	E	111								111	
E	A	115	основной		115		115		115		115
	B	115					115		115		115
	C	111						111		111	
	D	111								111	
Суммарное число потоков E1 по сети				51	51	70	74	70	74	48	52

Для конфигурации узлов, составления спецификации сменных модулей и прорисовки блок – схем соединений сменных блоков всех узлов, нужно знать количество сменных блоков мультимплексного оборудования, обеспечивающих доступ к вводимым и выводимым потокам в узлах сети.

Рассмотрим для примера номенклатуру сменных блоков мультимплексора SDH компании ALCATEL.

Блоки, входящие в состав оборудования 1660SM, с указанием выполняемых ими функций:

Блок EQUICO выполняет следующие функции: функция контроллера оборудования, F-интерфейс для местного портативного терминала; связь с операционной системой (OS (Operation System)) посредством различных интерфейсов (DCC, QB3 и т.д.).

Блок MATRIX выполняет следующие функции:

- Реализация матрицы, которая выполняет функции HPC, LPC и функции защиты.

- Функции синхронизации -Функции контроллера каркаса.

Электрический блок PDH 2 Мбит/с или Электрический блок PDH 34/45 Мбит/с

Имеются различные электрические блоки PDH:

- «Электрический блок PDH 2 Мбит/с» обеспечивает интерфейс для асинхронного преобразования сигналов G.703 2 Мбит/с в сигналы VC12 SDH. Каждый блок поддерживает 63 интерфейса.

Для 75- и 120-Омных применений используется один и тот же блок; согласование сопротивления выполняется на уровне «платы доступа».

- «Электрический блок PDH 34/45 Мбит/с» обеспечивает интерфейс для асинхронного преобразования сигналов G.703 34 Мбит/с или 45 Мбит/с в сигналы VC-3 SDH. Каждый блок поддерживает 3 интерфейса. Выбор рабочего режима (3 x 34 Мбит/с или 3 x 45 Мбит/с) осуществляется программно. Для применений 34 Мбит/с и 45 Мбит/с используются два различных модуля доступа.

Электрический блок 4 x 140 Мбит/с или Электрический/Оптический блок 155 Мбит/с. Блок поддерживает четыре электрических интерфейса PDH 140 Мбит/с или электрический/оптический интерфейс 155 Мбит/с. Выбор рабочего режима (для каждого порта) осуществляется программно.

Если выбран режим 140 Мбит/с, то порт обеспечивает интерфейс для асинхронного преобразования

сигналов G.703 140 Мбит/с в сигнал VC-4 SDH. Блок интерфейса верхнего уровня (HOI) выполняет следующие функции: PPI (физически схема размещена на плате доступа), LPA, HPT. Два из четырех блоков PPI располагаются на плате интерфейса, другие два - на плате доступа. Если выбран режим 155 Мбит/с STM-1, то контейнер VC-4 может быть либо неструктурированным, либо структурированным в виде VC-контейнеров нижнего уровня. Эта функция выполняется компонентами TTF и HOA. Два из четырех блоков SPI располагаются на плате интерфейса, другие два - на плате доступа.

Электрический/оптический блок 4 x 155 Мбит/с. Блок поддерживает четыре двунаправленных электрических или оптических интерфейса STM-1. Для каждого из сигналов STM-1 контейнер VC-4 может быть либо неструктурированным, либо структурированным в виде VC-контейнеров нижнего уровня. Эта функция выполняется компонентами TTF и HOA.

Два из четырех блоков SPI располагаются на плате интерфейса, другие два - на плате доступа. В рамках одного устройства можно реализовать любую комбинацию электрических или оптических интерфейсов (для ближней или дальней связи).

Электрический блок 4 x 155 Мбит/с. Блок поддерживает четыре двунаправленных электрических интерфейса STM-1. Физически четыре блока SPI располагаются на плате доступа. Для каждого из сигналов STM-1 контейнер VC-4 может быть либо неструктурированным, либо структурированным в виде VC-контейнеров нижнего уровня. Эти функции выполняются компонентами TTF и HOA.

Оптический блок 1 X STM-4. Оптический блок 1 x STM-4 поддерживает один оптический интерфейс STM-4; данная функция выполняется компонентами TTF и HOA. Обеспечиваются конфигурации нескольких видов для ближней и дальней связи.

Оптический блок 1 X STM-16. Оптический блок 1 x STM-16 поддерживает один оптический интерфейс STM-16 (на передней панели); данная функция выполняется компонентами TTF и HOA. Обеспечиваются конфигурации нескольких видов для ближней и дальней связи.

Для непосредственного взаимодействия с оборудованием WDM без промежуточных спектральных адаптеров имеются версии блока, именуемые «coloured» («окрашенные», т.е. с нормированными рабочими длинами волн).

МАТРИЦА АТМ 4Х4. Эта плата занимает одну позицию и выполняет функции АТМ-коммутатора. Кроме того, на передней панели платы располагается порт местного доступа STM-1 (в данном варианте изделия местный доступ не поддерживается). Пропускная способность блока составляет 622 Мбит/с. Также поддерживаются такие функции управления АТМ-трафиком, как «Формирование» и «Контроль» (необходимые для предотвращения перегрузки сети).

Блок SERVICE. Блок выполняет функции следующих компонентов: Дополнительные каналы. Канал служебной связи (EOW (Engineering Order Wire)) - Ввод/Вывод сигналов 2 МГц

Блок CONGI. Блок выполняет функции следующих компонентов: источник питания, интерфейс QB3, служебный и удаленный аварийный сигнал, интерфейс Q2/RQ2.

Платы доступа. Эти платы поддерживают физический интерфейс для сигналов различного типа.

Плата защиты. Эта плата осуществляет EPS-защиту электрических блоков 34/45 Мбит/с и 155 Мбит/с.

Исходя из итогового числа потоков (таблица 1, 2) и количества портов электрический блок P63E1 определяем их необходимое количество (Рис.5).

BASIC AREA	ACCESS AREA	22	EQUICO A	1	ACCESS LS
		23	MATRIX A	2	ACCESS LS - HS
		24	PORT LS - HS	3	ACCESS LS - HS
		25	PORT ENHANCED - HS	4	ACCESS LS - HS
		26	PORT ENHANCED - HS	5	ACCESS LS - HS
		27	PORT LS - HS	6	ACCESS LS - HS
		28	PORT ENHANCED - HS	7	ACCESS LS - HS
		29	PORT ENHANCED - HS	8	ACCESS LS - HS
		30	PORT LS - HS	9	ACCESS LS - HS
		31	PORT HS	10	CONGI A
		32	PORT LS SPARE HS	11	SERVICE
		33	PORT LS - HS	12	CONGI B
		34	PORT ENHANCED - HS	13	ACCESS LS - HS
		35	PORT ENHANCED - HS	14	ACCESS LS - HS
		36	PORT LS - HS	15	ACCESS LS - HS
		37	PORT ENHANCED - HS	16	ACCESS LS - HS
		38	PORT ENHANCED - HS	17	ACCESS LS - HS
		39	PORT LS - HS	18	ACCESS LS - HS
		40	MATRIX A	19	ACCESS LS - HS
		41		20	ACCESS LS - HS
				21	ACCESS LS

Рисунок 5 – Размещение блоков оборудования 1660SM

5 Содержание отчета:

- 5.1 Цель работы.
- 5.2 Методика расчета.
- 5.3 Конфигурация оборудования узлов.
- 5.4 Ответы на контрольные вопросы.
- 5.4 Выводы по практическому занятию.

6 Контрольные вопросы:

- 6.1 Рассчитайте скорость STM-1.
- 6.2 Рассчитайте скорость STM-4.
- 6.3 Структура модуля STM-1.
- 6.4 Структура модуля STM-4.
- 6.5 Что такое канал доступа?
- 6.6 Параметры оптических интерфейсов.

ПК-7 Способен к разработке схемы организации связи телекоммуникационной системы

ПК-8 Способен к разработке проектной документации на объект, (систему) связи, телекоммуникационную систему

Типовое задание на курсовое проектирование на тему: «Проект волоконно-оптической линии передачи SDH»

В курсовом проекте необходимо:

1. Рассчитать количество компонентных потоков между заданными пунктами сети.
2. Выбрать оптимальную структуру сети на базе SDH.
3. Выбрать методы защиты синхронных потоков, оборудования SDH и обосновать их.
4. Обосновать выбор скорости передачи агрегатных потоков оборудования SDH.
5. Выбрать оборудование SDH для реализации проектируемой сети, используя продукцию любой фирмы-изготовителя.
6. Произвести комплектацию оборудования в каждом узле сети с учетом типа сетевого элемента.
7. Разработать схемы управления и синхронизации проектируемой сети.
8. Разработать схему организации связи для проектируемой сети SDH.

3.3. Типовые материалы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

ПК-1 Способен к проведению профилактических работ на оборудовании связи

ПК-3 Способен проводить техническое обслуживание оборудования связи телекоммуникационных сетей

ПК-7 Способен к разработке схемы организации связи телекоммуникационной системы

ПК-8 Способен к разработке проектной документации на объект, (систему) связи, телекоммуникационную систему

Примерные вопросы к экзамену:

1. Структурная схема многоканальной системы передачи с частотным разделением каналов. Назначение модуляторов/ демодуляторов, устройств объединения, фильтров.
2. Основные принципы уплотнения и разделения сигналов (ЧРК).
3. Принцип построения МСП с ЧРК (индивидуальный, групповой). Достоинства и недостатки.
4. Принцип частотного разделения каналов.
5. Принцип группообразования. Формирование первичной, вторичной и третичной группы в АСП.
6. Принцип построения аппаратуры с ИКМ. Иерархии ЦСП. Стандарты плезиохронной иерархии.
7. Амплитудно-импульсная модуляция сигнала. Частота дискретизации.
8. Шкала квантования. Ошибка квантования.
9. Теорема Котельникова. Этапы преобразования аналогового сигнала в ИКМ.
10. Кодер с нелинейной шкалой квантования. Назначение. Структурная схема. Принцип работы. Состав.
11. Декодер с нелинейной шкалой квантования. Структурная схема. Принцип действия.

12. Принцип аналого-цифрового преобразования.
13. Этапы формирования ИКМ сигнала.
14. Генераторное оборудование ЦСП, структурная схема, назначение блоков.
15. Принцип построения аппаратуры с ИКМ. Иерархии ЦСП. Стандарты плезиохронной иерархии.
16. Декодер с нелинейной шкалой квантования.
17. Кодер с нелинейной шкалой квантования.
18. Линейные коды. Требования к линейным кодам. Классификация кодов.
19. Коды класса 1B2B, CMI. Характеристика кода.
20. Коды AMI, HDB-3. Сравнение кодов. Характеристика кодов.
21. Помехи в линейных трактах ЦСП. Накопление ошибок в линейном тракте. Допустимая вероятность ошибки.
22. Генераторное оборудование в ЦСП с ИКМ.
23. Квантование сигналом.
24. Дискретизация сигналов. АИМ первого и второго рода.
25. Цифровой поток Еп. Скорость передачи данных.
26. Цифровой поток Е1. Формат кадра. Скорость передачи данных
27. Структурная схема мультиплексора уровня STM-1.
28. Способы защиты сети SDH.
29. Структурная схема мультиплексора уровня STM-4.
30. Определение синхронной цифровой иерархии и иерархические уровни мультиплексирования в SDH.
31. Общая характеристика аппаратуры SDH. Функциональные модули, их назначение.
32. Базовые топологии сети SDH. Примеры использования на сети.
33. Сравнение синхронной и плезиохронной цифровой иерархии.
34. Ввод в сеть SDH асинхронного потока со скоростью 2 Мбит/с.
35. Схема защиты секции мультиплексирования 1+1. Назначение байтов K1, K2.
36. Конструкция мультиплексоров СЦИ/SDH. Характеристики мультиплексоров.

Примерные задачи к экзамену:

1. Рассчитать скорость потока STM-1.
2. Рассчитать скорость потока STM-16.
3. Рассчитать скорость потока STM-64.
4. Рассчитать скорость потока TUG-2.
5. Рассчитать скорость потока TUG-3.
6. Рассчитать скорость потока TU-12.
7. Рассчитать скорость потока VC-12.
8. Произвести расчет числа передаваемых цифровых потоков Е1, Е2, Е3 в потоке STM-1.
9. Рассчитать интервал времени, в течении которого в тракте ИКМ-120 произойдет $n_{\text{ош}}=20$, если вероятность ошибки $P_{\text{ош}}=10^{-7}$, ошибки распределены равномерно и имеют одиночных характер.
10. Показать временную диаграмму линейных кодов ЧПИ, КВП-3 и ВН для кодовой последовательности 0111011010100000000011011000001000000100001
11. Определить дальность передачи, если километрическое затухание кабеля составляет 13,7 дБ/км, уровень сигнала на входе 24 дБ, чувствительность приемника -59 дБ.
12. Закодировать отсчет 596,3Δ нелинейным методом. Изобразить структурную схему нелинейного кодера для данного отсчета.
13. Закодировать отсчет 96,3Δ линейным методом. Изобразить структурную схему линейного кодера для данного отсчета.
14. Декодировать ИКМ комбинацию 01100010 нелинейным методом. Изобразить структурную схему нелинейного декодера для данной кодовой комбинации.

Банк контрольных вопросов, заданий и иных материалов, используемых в процессе процедур текущего контроля и промежуточной аттестации находится в учебно-методическом комплексе дисциплины и/или представлен в электронной информационно-образовательной среде по URI: <http://www.aup.uisi.ru>.

3.4. Методические материалы проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся

Перечень методических материалов для подготовки к текущему контролю и промежуточной аттестации:

1. Методические указания к выполнению практических занятий. –URL: <http://aup.uisi.ru/3723331/>
2. Методические указания к выполнению лабораторных занятий. –URL: <http://aup.uisi.ru/3723868/>
3. Методические указания к выполнению курсового проекта. –URL: <http://aup.uisi.ru/3723870/>
4. Методические указания к выполнению ДКР. –URL: <http://aup.uisi.ru/3725792/>
5. Пример вопросов для подготовки к экзамену. – URL: <http://aup.uisi.ru/4136872/>