

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.
«28» 11 2025 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.13 Цифровые телекоммуникационные системы

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

Направленность (профиль) / специализация: **Инженерия телекоммуникаций**

Форма обучения: **очная**


Год набора: 2026

Разработчик (-и):
к.т.н., доцент


_____ /И.И. Шестаков/
подпись

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

Протокол от 28.11.2025 № 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.13 Цифровые телекоммуникационные системы

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

Направленность (профиль) / специализация: **Инженерия телекоммуникаций**

Форма обучения: **очная**

Год набора: 2026

Разработчик (-и):
к.т.н., доцент

_____ /И.И. Шестаков/
подпись

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

Протокол от 28.11.2025 № 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.04 Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей Этап 1. Б1.В.05 Распространение электромагнитных полей и волн Этап 2. Б1.В.10 Общая теория связи
ПК-2 Способен проводить техническое обслуживание оборудования связи телекоммуникационных сетей	ПК-2.1 Знает методы проведения диагностики и контроля, рекомендации и стандарты в области телекоммуникаций, основные, контролируемые параметры обслуживаемого оборудования первичных и вторичных сетей связи	2	Этап 1. Б1.В.08 Нормативно-правовая база профессиональной деятельности

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – экзамен и зачет.

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	Способность точно перечислить, описать и классифицировать ключевые понятия, принципы, схемы, характеристики и методы, предусмотренные критерием. Умение вербально или графически объяснить устройство систем, форматы кадров и последовательность процессов без применения. Способность разобрать готовую структурную	Знает: 1. Основные задачи и классификацию многоканальных систем передачи (МСП), их место в сети связи; 2. Принципы построения и структурные схемы аналоговых систем передачи с частотным разделением каналов (ЧРК); 3. Методы аналого-цифрового преобразования, импульсно-кодовой модуляции (ИКМ) и дифференциальной модуляции; 4. Цифровые иерархии PDH (E1-E4) и SDH (STM-1, STM-N), принципы мультиплексирования и форматы кадров;

	<p>схему или описание процесса, объяснив функцию элементов и логику работы.</p> <p>Умение решать типовые задачи, применяя формулы (Котельникова) и стандартные методики для определения параметров систем.</p> <p>Способность выбрать технологию, код или метод (напр., линейный код, схему синхронизации) под заданные условия и аргументировать решение.</p> <p>Навык выполнять стандартные операции: формировать поток, конфигурировать систему синхронизации, оценивать надежность по алгоритму.</p> <p>Способность интегрировать знания для проектирования фрагмента сети или системы: от задачи к выбору технологий, оборудования и конфигурации.</p> <p>Глубокое понимание и свободное оперирование технологиями мультиплексирования, синхронизации, построения трактов в нестандартных ситуациях.</p> <p>Свободное использование терминологии; владение критериями для сравнительного анализа оборудования и принципами эксплуатации сетей.</p>	<p>5. Структуру цифровых линейных трактов (ЦЛТ), методы линейного кодирования и регенерации сигналов;</p> <p>6. Принципы организации тактовой и цикловой синхронизации в телекоммуникационных сетях;</p> <p>7. Аппаратную реализацию оборудования ЦСП (мультиплексоры, регенераторы, коммутаторы) и их технические характеристики;</p> <p>8. Методы технического обслуживания, показатели надежности и модели управления сетями SDH/PDH.</p> <p>Умеет:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Анализировать структурные схемы конечных станций аналоговых и цифровых систем передачи; 2. Объяснять процессы формирования первичных, вторичных и более высоких групп в системах с ЧПК; 3. Применять теорему Котельникова для расчета параметров систем с временным разделением каналов (ВРК); 4. Формировать и анализировать цифровые потоки PDH и SDH; 5. Выбирать линейные коды для цифровых линейных трактов с учетом предъявляемых требований; 6. Анализировать топологию сетей SDH и PDH, выбирать методы защиты синхронных потоков; 7. Конфигурировать системы тактовой синхронизации в соответствии с архитектурой сети; 8. Оценивать показатели надежности МСП и планировать мероприятия технического обслуживания. <p>Владеет:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Методологией построения аналоговых и цифровых систем передачи различного назначения; 2. Навыками расчета параметров систем с ЧПК и ВРК; 3. Технологиями мультиплексирования в соответствии с иерархиями PDH и SDH; 4. Методами организации цифровых линейных трактов и синхронизации в телекоммуникационных сетях
--	---	---

		<p>5. Критериями выбора оборудования ЦСП для внутризонавой, зонавой, местной и магистральной сетей;</p> <p>6. Принципами технической эксплуатации цифровых систем передачи, включая управление сетями;</p> <p>7. Современной терминологией в области цифровых телекоммуникационных систем.</p>
<p>ПК-2.1 Знает методы проведения диагностики и контроля, рекомендации и стандарты в области телекоммуникаций, основные, контролируемые параметры обслуживаемого оборудования первичных и вторичных сетей связи</p>	<p>Знание методов диагностики цикловой/такт. синхронизации, линейного кодирования. Знание стандартов PDH/SDH, рекомендаций ITU-T (G.70x). Знание параметров потоков, трактов, показателей надежности. Умение анализировать данные измерений (анализатор) для диагностики. Умение применять стандарты для решения проектных задач (синхронизация, мультиплексирование). Умение измерять параметры (E1, оптический тракт) и делать выводы о качестве. Навык комплексной настройки и диагностики на оборудовании (мультиплексор, анализатор). Навык решения комплексной прикладной задачи с использованием нормативной базы и данных мониторинга.</p>	<p>Знает:</p> <p>1. Методы проведения диагностики и контроля в цифровых системах передачи (ЦСП):</p> <ul style="list-style-type: none"> – Методы оценки параметров линейных кодов, регенерации сигналов в цифровых линейных трактах. – Методы контроля цикловой и тактовой синхронизации в сетях PDH и SDH. – Методы диагностики оборудования мультиплексоров, регенераторов, коммутаторов SDH. <p>2. Рекомендации и стандарты в области телекоммуникаций:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Стандарты цифровых иерархий PDH (E1, E2, E3, E4) и SDH (STM-1, STM-4, STM-16/STM-64). – Рекомендации ITU-T (G.703, G.704, G.707, G.783, G.803) по построению, синхронизации и управлению цифровыми сетями. – Стандарты линейного кодирования, форматов кадров, мультиплексирования потоков. <p>3. Основные контролируемые параметры обслуживаемого оборудования первичных и вторичных сетей связи:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Параметры цифровых потоков (скорость, структура цикла, ошибки BER, синхронизация). – Параметры линейных трактов (уровень сигнала, затухание, помехозащищённость). – Параметры оборудования SDH (мультиплексоры, регенераторы) и PDH (оконечные станции, преобразователи). – Показатели надёжности и качества обслуживания (MTBF, MTTR, доступность).

		<p>Умеет:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Проводить диагностику и контроль оборудования цифровых систем передачи:<ul style="list-style-type: none">– Анализировать структуру циклов PDH и форматы кадров SDH.– Контролировать параметры линейных кодов, регенерации сигналов, тактовой синхронизации.– Выявлять нарушения в работе мультиплексоров, регенераторов, коммутаторов.2. Применять стандарты и рекомендации при эксплуатации сетей:<ul style="list-style-type: none">– Настраивать оборудование в соответствии с требованиями цифровых иерархий (PDH/SDH).– Организовывать сети синхронизации, управлять топологией сетей PDH/SDH.– Интерпретировать техническую документацию (спецификации, руководства по эксплуатации).3. Контролировать параметры первичных и вторичных сетей:<ul style="list-style-type: none">– Измерять основные параметры цифровых потоков (E1, STM-N).– Оценивать качество линейных трактов, диагностировать причины сбоев и деградации сигнала.– Анализировать работу систем защиты и резервирования в сетях SDH. <p>Владеет:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Навыками работы с оборудованием цифровых систем передачи:<ul style="list-style-type: none">– Настройка и диагностика мультиплексоров PDH/SDH, регенераторов, коммутаторов.– Использование измерительного оборудования (анализаторы PDH/SDH, осциллографы, тестеры ошибок).2. Методами технического обслуживания и управления сетями:3. Нормативной базой (ГОСТ, Рекомендации ITU-T) при проектировании, эксплуатации и диагностике цифровых сетей.
--	--	---

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.

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
Раздел 2 Многоканальные аналоговые системы передачи с ЧРК	Самостоятельная работа, конспект лекций Лабораторные занятия
Раздел 3 Многоканальные цифровые системы передачи с ВРК	Самостоятельная работа, конспект лекций Лабораторные занятия Практические занятия
Раздел 4 Цифровые иерархии	Самостоятельная работа, конспект лекций Лабораторные занятия
Раздел 5 Организация цифровых линейных трактов (ЦЛТ).	Самостоятельная работа, конспект лекций Лабораторные занятия Практические занятия
Раздел 6 Аппаратура ЦСП	Самостоятельная работа, конспект лекций Практические занятия
Раздел 7 Принцип технической эксплуатации ЦСП	Самостоятельная работа, конспект лекций Практические занятия
ПК-2.1 Знает методы проведения диагностики и контроля, рекомендации и стандарты в области телекоммуникаций, основные, контролируемые параметры обслуживаемого оборудования первичных и вторичных сетей связи	
Раздел 1 Введение	Самостоятельная работа, конспект лекций
Раздел 2 Многоканальные аналоговые системы передачи с ЧРК	Самостоятельная работа, конспект лекций Лабораторные занятия
Раздел 3 Многоканальные цифровые системы передачи с ВРК	Самостоятельная работа, конспект лекций Лабораторные занятия Практические занятия
Раздел 4 Цифровые иерархии	Самостоятельная работа, конспект лекций Лабораторные занятия
Раздел 5 Организация цифровых линейных трактов (ЦЛТ).	Самостоятельная работа, конспект лекций Лабораторные занятия Практические занятия
Раздел 6 Аппаратура ЦСП	Самостоятельная работа, конспект лекций Практические занятия
Раздел 7 Принцип технической эксплуатации ЦСП	Самостоятельная работа, конспект лекций Практические занятия

3.2. Типовые материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

ПК-1 Способен к проведению профилактических работ на оборудовании связи
ПК-2 Способен проводить техническое обслуживание оборудования связи
телекоммуникационных сетей

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 ATM 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.

Контейнеры обозначают буквой C 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.

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 OAM. 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.

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 смешение 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.

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.

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 MSON
		Регенерационная	Формирование и анализ заголовка RSON
	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:

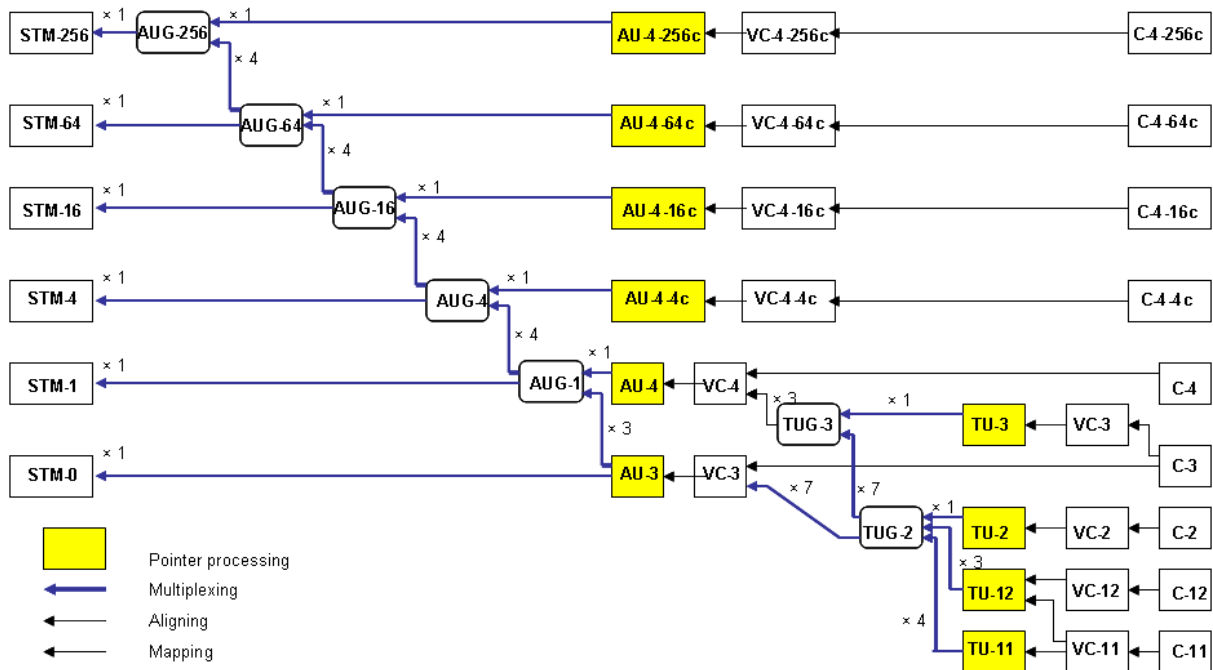


Рисунок 3 – Обобщенный алгоритм мультиплексирования SDH

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.

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 «двунаправленное 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	$A \leftrightarrow B - 15 E1$ $A \leftrightarrow C - 20 E1$ $A \leftrightarrow D - 30 E1$ $A \leftrightarrow E - 17 E1$ $A \leftrightarrow F - 10 E1$ $B \leftrightarrow C - 21 E1$ $B \leftrightarrow D - 21 E1$ $B \leftrightarrow E - 63 E1$ $B \leftrightarrow F - 17 E1$ $D \leftrightarrow E - 7 E1$ $D \leftrightarrow F - 7 E1$ $E \leftrightarrow F - 10 E1$
2	A, B, C, D	$A \leftrightarrow B - 40 E1$ $A \leftrightarrow C - 32 E1$ $A \leftrightarrow D - 16 E1$ $B \leftrightarrow C - 20 E1$ $B \leftrightarrow D - 38 E1$ $C \leftrightarrow D - 16 E1$
3	A, B, C, D, E, F	$A \leftrightarrow B - 15 E1$ $A \leftrightarrow C - 10 E1$ $A \leftrightarrow D - 25 E1$ $A \leftrightarrow E - 10 E1$ $A \leftrightarrow F - 10 E1$ $B \leftrightarrow C - 30 E1$ $B \leftrightarrow D - 10 E1$ $B \leftrightarrow E - 40 E1$ $B \leftrightarrow F - 10 E1$ $C \leftrightarrow D - 10 E1$ $C \leftrightarrow E - 22 E1$ $C \leftrightarrow F - 10 E1$ $E \leftrightarrow F - 10 E1$ $D \leftrightarrow E - 10 E1$ $D \leftrightarrow F - 10 E1$
4	A, B, C, D, E	$A \leftrightarrow B - 63 E1$ $A \leftrightarrow C - 21 E1$ $A \leftrightarrow D - 12 E1$ $A \leftrightarrow E - 21 E1$ $B \leftrightarrow C - 5 E1$ $B \leftrightarrow D - 10 E1$ $B \leftrightarrow E - 10 E1$ $C \leftrightarrow D - 42 E1$ $C \leftrightarrow E - 42 E1$ $D \leftrightarrow E - 21 E1$

5	A, B, C, D, E, F	$A \leftrightarrow B - 10 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow C - 10 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow D - 10 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow E - 10 \text{ E1}$ $A \leftrightarrow F - 70 \text{ E1}$ $B \leftrightarrow C - 10 \text{ E1}$ $B \leftrightarrow D - 30 \text{ E1}$ $B \leftrightarrow E - 10 \text{ E1}$ $B \leftrightarrow F - 80 \text{ E1}$ $C \leftrightarrow D - 10 \text{ E1}$ $C \leftrightarrow E - 10 \text{ E1}$ $C \leftrightarrow F - 10 \text{ E1}$ $E \leftrightarrow F - 10 \text{ E1}$
---	------------------	---

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

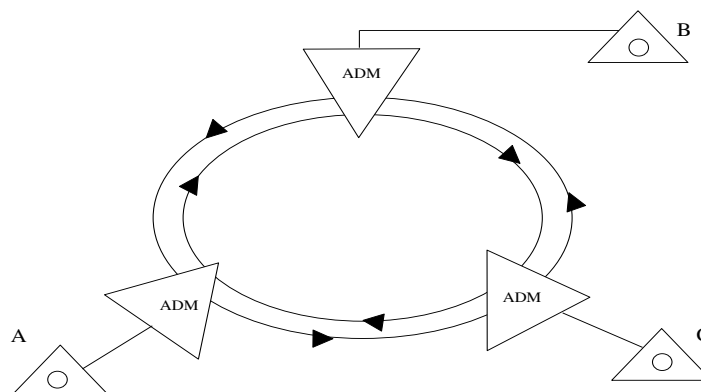


Рисунок 1 – Структура кольцевой сети

Таблица 3 – Матрица кратчайших путей и ребер

Исход. стан-ции	Вход Стан-ции	Кол-во Е1	Путь передачи	Участки сети					
				А-В	В-А	В-С	С-В	С-А	А-С
А	В	15	Основной	15					
		15	Резервный				15		15
	С	20	Основной						20
		20	Резервный	20		20			
В	А	15	Основной		15				
		15	Резервный			15		15	
	С	25	Основной			25			
		25	Резервный		25				25
С	А	20	Основной					20	
		20	Резервный		20		20		
	В	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

	А	В	С	Д	Е
А	Х	114	111	111	115
В	114	Х	111	111	115
С	111	111	Х	111	111
Д	111	111	111	Х	111
Е	115	115	111	111	Х
Итого	451	451	444	444	452



Рисунок 2- Структура последовательной линейной цепи

Таблица 5 - Матрица кратчайших путей и ребер

Исходная	Входящие	Количество	Путь	Участки сети
----------	----------	------------	------	--------------

станция	станции	E1	передачи	A-B	B-A	B-C	C-B	C-D	D-C	D-E	E-D
А	В	114	основной	114							
	С	111		111		111					
	Д	111		111		111		111			
	Е	115		115		115		115		115	
В	А	114	основной		114						
	С	111				111					
	Д	111				111		111			
	Е	115				111		111		111	
С	А	111	основной		111		111				
	В	111				111					
	Д	111						111			
	Е	111						111		111	
Д	А	111	основной		111		111		111		
	В	111				111		111			
	С	111						111			
	Е	111								111	
Е	А	115	основной		115		115		115		115
	В	115				115		115		115	
	С	111						111		111	
	Д	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 мультиплексорного оборудования, обеспечивающих доступ к вводимым и выводимым потокам в узлах сети.

Рассмотрим для примера номенклатуру сменных блоков мультиплексора 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 (НОИ) выполняет следующие функции: PPI (физически схема размещена на плате доступа), LPA, НРТ. 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 ТТФ и НОА. 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 ТТФ и НОА.

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 ТТФ и НОА.

Оптический блок 1 X STM-4. Оптический блок 1 x STM-4 поддерживает один оптический интерфейс STM-4; данная функция выполняется компонентами ТТФ и НОА. 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 ТТФ и НОА. 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.

3.3. Типовые материалы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

- ПК-1 Способен к проведению профилактических работ на оборудовании связи
- ПК-2 Способен проводить техническое обслуживание оборудования связи телекоммуникационных сетей

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 плездохронной 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 радио.
25. Цифровой поток E_n. Скорость передачи данных.
26. Цифровой поток E₁. 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 E₁, E₂, E₃ 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/5067966/>
2. Методические указания к выполнению лабораторных занятий. – URL: <http://aup.uisi.ru/5067970/>
3. Пример вопросов для подготовки к экзамену. – URL: <http://aup.uisi.ru/5067974/>