

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»
Кафедра систем телекоммуникаций

Н. В. Тарченко

***КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ СЕТЕЙ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ НА ОСНОВЕ ОБОРУДОВАНИЯ SDN***

Учебно-методическое пособие по дисциплине
«Проектирование цифровых систем передачи»
для студентов специальности
I-45 01 01 «Многоканальные системы телекоммуникаций»
дневной и заочной форм обучения

Минск 2007

УДК 621.39 (075.8)

ББК 32.88 я 73

Т 22

Рецензент
ст. преподаватель кафедры
сетей и устройств телекоммуникаций М. И. Чаклова

Тарченко, Н. В.

Т 22 Курсовое проектирование цифровых сетей телекоммуникаций на основе оборудования SDH : учеб.-метод. пособие по дисц. «Проектирование цифровых систем передачи» для студ. спец. I-45 01 01 «Многоканальные системы телекоммуникаций» днев. и заоч. форм обуч. / Н. В. Тарченко. – Минск : БГУИР, 2007. – 84 с. : ил.

ISBN 978-985-488-206-2

В учебно-методическом пособии приведены исходные данные для курсового проектирования внутризональной сети на основе оборудования SDH, а также даны методические указания по расчету объема передаваемого трафика, оптимизации физической топологии сети, разработке схемы организации связи, проектированию системы тактовой сетевой синхронизации, расчету норм на параметры качества проектируемой сети.

УДК 621.39 (075.8)
ББК 32.88 я 73

ISBN 978-985-488-206-2

© Тарченко Н. В., 2007
© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2007

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ.....	4
ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ	7
2 РАСЧЕТ ОБЪЕМА ТРАФИКА ПРОЕКТИРУЕМОЙ СЕТИ	11
2.1 Структура внутризонавой сети	11
2.2 Методика расчета заказно-соединительных линий, соединительных линий междугородных и каналов внутризонавой телефонной сети	14
2.2.1 Определение нагрузки на ЗСЛ.....	14
2.2.2 Определение нагрузки на СЛМ	16
2.2.3 Определение времени занятия ЗСЛ и СЛМ	16
2.2.4 Определение количества ЗСЛ и СЛМ	17
2.2.5 Определение количества соединительных линий	18
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТОПОЛОГИИ СЕТИ.....	20
4 РАСЧЕТ ОБЪЕМА ОБОРУДОВАНИЯ, РАЗМЕЩАЕМОГО В УЗЛАХ СЕТИ.....	22
4.1 Конфигурация мультиплексорных узлов.....	22
4.2 Оборудование и конфигурация мультиплексоров 1650SMC и 1660SM	23
4.3 Состав оборудования мультиплексора 1650SMC	25
4.4 Функциональное описание блоков оборудования	32
4.5 Состав оборудования мультиплексора 1660SM.....	37
4.6 Оборудование мультиплексора SMA16/4	45
5 ВЫБОР ОПТИЧЕСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ.....	53
5.1 Параметры оптических интерфейсов	53
5.2 Расчет возможной протяженности участка регенерации.....	58
6 РАСЧЕТ НОРМ НА ПАРАМЕТРЫ КАЧЕСТВА ПРОЕКТИРУЕМОЙ СЕТИ	62
7 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТИ ТАКТОВОЙ СЕТЕВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ	70
ЛИТЕРАТУРА	82
ПРИЛОЖЕНИЕ	83

СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ADM	Add-drob Multiplexer – мультиплексор ввода-вывода
BBE	Background Block Error – блок с фоновой ошибкой
EOW	Engineering Order Wire – канал служебной связи
ES	Errored Second – секунда с ошибками
GA	Gate Array – вентиляционная матрица
HOA	Higher-Order Assembler – сборка VC верхнего уровня
HPA	Higher-Order Path Adaptation – адаптация маршрута VC верхнего уровня
HPOM	Higher-order Path Overhead Monitor – мониторинг POH VC верхнего уровня
HPT	Higher-Order Path Termination – окончание маршрута VC верхнего уровня
ITU-T	International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization – Международный союз электросвязи – сектор стандартизации
LOS	Loss of Signal – потеря сигнала
MSP	Multiplex Section Protection – защита линейной мультиплексорной секции
MS-SPRing	Multiplex Section Shared Protection Ring – защита мультиплексорной секции кольца с разделением ресурсов
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy – плезеохронная цифровая иерархия
PRC	Primary Reference Clock – первичный эталонный генератор
SDH	Synchronous Digital Hierarchy – синхронная цифровая иерархия
SDP	Severely Disturbed Period – период с серьезными нарушениями
SEC	SDH Equipment Clock – генератор оборудования SDH
SES	Severely Errored Second – секунда, пораженная ошибками
SNCP	Sub-Network Connection Protection – защита соединений подсети
SSU	Synchronization Supply Unit – ведомый задающий генератор
STM-n	Synchronous Transport Module – синхронный транспортный модуль уровня n
TM	Terminal Multiplexer – терминальный мультиплексор
TTF	Trail Termination Function – функция окончания маршрута данных
АМТС	Автоматическая междугородная телефонная станция
АТС	Автоматическая телефонная станция
ВС	Вторичная сеть
ГТС	Городская телефонная сеть
ЗСЛ	Заказно-соединительные линии
КП	Курсовое проектирование
МТА	Междугородный телефон-автомат
НЦ	Номинальная цепь
ОВ	Оптическое волокно

ОЦК	Основной цифровой канал
ПЗ	Пояснительная записка
ПП	Переговорный пункт
ПС	Первичная сеть
ПЦК	Первичный цифровой канал
ПЦС	Первичный цифровой сигнал
РАТС	Районная автоматическая телефонная станция
СЛМ	Соединительные линии междугородные
СТС	Сельская телефонная сеть
ТЗ	Техническое задание
ТСС	Тактовая сетевая синхронизация
УЭТ	Условный эталонный тракт
ЦСП	Цифровая система передачи
ЭС	Электросвязь

Библиотека БГУИР

ВВЕДЕНИЕ

Современный уровень развития телекоммуникаций требует от грамотного инженера знаний основных принципов построения и проектирования как цифровых систем передачи (ЦСП), так и транспортных сетей на их основе.

Повсеместное внедрение цифровых систем и сетей телекоммуникаций требует наличия специалистов, компетентных в вопросах их проектирования и эксплуатации. В связи с этим студентам факультета телекоммуникаций предлагаются теоретические курсы, освещающие все основные вопросы в области построения цифровых систем и сетей телекоммуникаций. Однако в полной мере овладеть знаниями в данных областях можно, только применив эти знания при проектировании как цифровых систем передачи, так и сетей на их основе. Вот почему закономерным является написание курсового проекта (КП), посвященного проектированию участка транспортной (первичной) сети.

В ходе курсового проектирования студент знакомится с основными особенностями, структурной схемой и функциональными блоками оборудования синхронной цифровой иерархии, а также необходимыми этапами проектирования сетей на основе указанного оборудования.

Немаловажным является и то, что при разработке такого проекта студент получает возможность не только еще раз уяснить основные моменты, но и вникнуть в некоторые нюансы проектирования сетей, которые в силу ограниченности времени, отведенного для теоретического курса, могли ускользнуть от его внимания.

1 СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Содержание расчетно-пояснительной записки определяется характером технического задания, однако, несмотря на разнообразие проектируемых сетей, каждая пояснительная записка должна содержать следующие разделы и подразделы:

Титульный лист

Задание на КП на типографском бланке

Содержание

Введение

1 Расчет объема передаваемого трафика проектируемой сети.

2 Оптимизация топологии сети.

3 Обоснование выбора оборудования.

3.1 Обоснование выбора уровня STM-n.

3.2 Анализ структурной схемы оборудования SDH.

3.3 Расчет номенклатуры и объема устанавливаемых в сетевых узлах сменных блоков.

3.4 Разработка схемы организации связи.

4 Проектирование линейного тракта.

4.1 Выбор оптических интерфейсов.

4.2 Расчет возможной протяженности участка регенерации.

4.3 Обоснование установки регенераторов и оптических усилителей.

5 Расчет норм на параметры качества проектируемой сети.

6 Проектирование системы тактовой сетевой синхронизации.

Заключение

Литература

Приложения. Структурная схема и внешний вид мультиплексора.

Схема организации связи.

Схема распределения сигнала синхронизации.

Задание на курсовое проектирование является отчетным документом, без которого пояснительная записка на проверку не принимается.

Во введении указывается назначение и особенности проектируемой цифровой сети связи.

Проектирование внутризональной сети целесообразно выполнять согласно методике, изложенной в последующих разделах учебно-методического пособия. Допускается использование других возможных методик с обязательным указанием источников, из которых они заимствованы.

В ходе курсового проектирования студентом должны быть разработаны:

– схема организации связи внутризональной сети;

– схема распределения сигнала синхронизации;

– рассчитаны основные нормы на параметры качества проектируемой сети.

Задание на проектирование содержит следующие пункты:

- перечень населенных пунктов, входящих в состав внутризональной сети с указанием количества проживающего там населения;
- топология сети;
- тип и производитель оборудования SDH.

Следует помнить, что все структурные схемы и расчеты, присутствующие в пояснительной записке, должны сопровождаться обстоятельными пояснениями и выводами. При защите КП студент должен уметь объяснить ход выполнения расчетов, смысл символов, входящих в расчетные формулы, обосновать правильность принятых технических решений.

В пояснительной записке (ПЗ) не должно быть общего описательного материала, заимствованного из учебников и широко распространенной технической литературы. Достаточно сослаться на соответствующий источник и привести краткие выводы или формулы, если они необходимы для дальнейшего изложения.

Пояснительная записка выполняется с применением печатающих и графических устройств вывода ПЭВМ. Высота букв и цифр не менее 2,5 мм, цвет изображения – черно-белый. ПЗ выполняют на одной стороне стандартных листов белой бумаги формата А4. На каждом листе текст или иллюстрации размещают в пределах прямоугольной области, отстоящей от левой, правой, верхней и нижней границ листа соответственно на 30, 10, 25 и 25 мм. Абзацы в тексте начинают отступом в 15–17 мм от левой границы текста.

Текст пояснительной записки разбивается на разделы и подразделы, снабженные заголовками, четко и кратко отражающими их содержание. Нумерация разделов осуществляется в пределах всей ПЗ, нумерация подразделов – в пределах соответствующего раздела. Номера разделов и подразделов записывают с абзацного отступа арабскими цифрами без точки в конце. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. Введение, заключение, перечень принятых сокращений, список литературы и приложения выступают в ПЗ на правах разделов и не нумеруются.

Заголовок раздела печатают после его номера и пробела прописными буквами, заголовок подраздела (пункта) – с прописной буквы строчными. Переносы слов в заголовках не допускаются.

Страницы должны быть пронумерованы. Нумерация страниц ПЗ, включая приложения, сквозная. Первой ненумерованной страницей является титульный лист. Номер страницы проставляется в правом верхнем углу листа.

Содержание пояснительной записки должно быть изложено литературным языком, без сокращений, упрощений (кроме общеупотребительных).

Формулы, по которым ведется расчет, должны быть приведены в тексте полностью, с объяснением буквенных обозначений. Численные значения при расчете подставляются в основных единицах измерения системы СИ. Окончательный результат дается с указанием размерности. Формулы нумеруют в пределах раздела арабскими цифрами на уровне формулы справа в круглых скобках. Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой. Закрывающая скобка номера находится на уровне правой границы текста. Ссылки в тексте на формулы дают в скобках.

Иллюстрации в ПЗ должны пояснять излагаемый текст. Иллюстрации располагают по тексту ПЗ или на отдельных страницах после первой ссылки на первый рисунок. Иллюстрации нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела. Номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой, например – Рисунок 1.1. При ссылках на иллюстрации следует писать «... в соответствии с рисунком 1.2». Нумерация иллюстраций в приложениях аналогична нумерации в них формул.

При необходимости иллюстрации могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом: Рисунок 1 – Детали прибора. В конце наименования (номера) рисунка точка не ставится.

Расстояние между заголовком и текстом равно 3 интервалам (15 мм), между заголовками раздела и подраздела (подраздела и пункта) – 2,25 интервала (9 мм). Расстояние между строками одного заголовка такое же, как и между строками текста. Каждый раздел ПЗ следует начинать с нового листа.

Заголовки: АННОТАЦИЯ, СОДЕРЖАНИЕ, ВВЕДЕНИЕ, ЗАКЛЮЧЕНИЕ, ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ, СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ, ПРИЛОЖЕНИЕ печатают симметрично тексту.

Содержание включает номера и наименования разделов и подразделов, записанных строчными буквами, начиная с прописной, с указанием соответствующих номеров страниц ПЗ.

Материал, дополняющий текст ПЗ, помещают в приложениях. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте ПЗ. Каждое приложение начинают с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «Приложение» и его обозначения без точки в конце. Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с буквы А. Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой, на расстоянии 3 интервала от предыдущей строки. Приложения оформляются на листах формата А4, возможно применение форматов А3.

Для лучшей наглядности и удобства сравнения в ПЗ применяют таблицы. Название таблицы (при его наличии) должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название помещают над таблицей. При переносе части таблицы на другие страницы название помещают только над первой частью

таблицы. Цифровой материал, как правило, оформляют в виде таблиц в соответствии с рисунком 1.1.

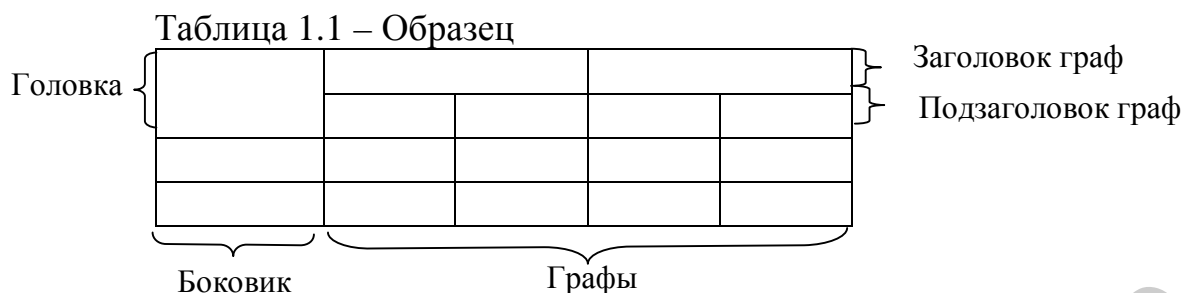


Рисунок 1.1 – Образец таблицы

Таблицы нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела. Номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой. На все таблицы ПЗ приводят ссылки в тексте документа, при ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера.

Заголовки граф и строк таблицы пишут с прописной, а подзаголовки граф – со строчной букв, если они составляют одно предложение с заголовком, и с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки и подзаголовки указывают в единственном числе.

Таблицы слева, справа и снизу ограничивают линиями. Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается. Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет пользование таблицей. Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф. Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы. Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

Таблицу в зависимости от ее размера помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице, а при необходимости – в приложении к документу.

Если строки или графы таблицы выходят за формат страницы, ее делят на части, помещая одну часть под другой или рядом. При этом в каждой части таблицы повторяют ее головку и боковик. При делении таблицы на части допускается ее головку или боковик заменять соответственно номером граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и (или) строки первой части таблицы.

Слово «Таблица» указывают один раз слева над первой частью таблицы, над другими частями пишут слова «Продолжение таблицы» с указанием номера (обозначения) таблицы.

Обозначения, приведенные в заголовках граф таблицы, должны быть пояснены в тексте или графическом материале. Заменять кавычками повторяющиеся в таблице цифры, математические знаки, знаки процента и номера, обозначения и т.д. не допускается. При отсутствии отдельных данных в таблице следует ставить прочерк (тире). В интервале, охватывающем числа ряда, между крайними числами ряда в таблице допускается ставить тире.

Числовое значение показателя проставляют на уровне последней строки его наименования. Значение показателя, приведенное в виде текста, записывают на уровне первой строки наименования показателя. Цифры в графах таблиц проставляют так, чтобы разряды чисел во всей графе были расположены один под другим, если они относятся к одному показателю. В одной графе должно быть соблюдено, как правило, одинаковое количество десятичных знаков для всех значений величин.

Иллюстрации и таблицы рекомендуется размещать на отдельных, свободных от текста страницах. Допускается их расположение вдоль длинной (правой) стороны листа.

В последующих разделах представлены методические указания и дополнительные материалы, необходимые для выполнения курсового проекта.

2 РАСЧЕТ ОБЪЕМА ТРАФИКА ПРОЕКТИРУЕМОЙ СЕТИ

2.1 Структура внутризональной сети

Сеть электросвязи (ЭС) страны – комплекс технических и программных средств, взаимодействующих на основе определенных принципов и обеспечивающих возможности *своевременно, качественно и полно* удовлетворить все потребности населения страны, отраслей народного хозяйства, органов государственного управления и обороны и т.д. в разнообразных услугах связи.

В состав сети ЭС страны входят государственные, ведомственные и акционерные сети и системы ЭС, содержащие сложную коммутационную аппаратуру и системы передачи, линейные и гражданские сооружения, электронные вычислительные и управляющие комплексы.

При планировании и построении современных сетей ЭС обычно различают три сетевых уровня: уровень *первичной сети (ПС)*, уровень *вторичных сетей (ВС)* и уровень *систем или служб электросвязи*.

Основа любой реальной сети связи – *первичная сеть* – совокупность сетевых узлов, станций и линий передачи, образующих базовую сеть типовых универсальных каналов передачи и сетевых трактов.

Сетевые узлы ПС представляют собой комплекс аппаратуры цифровых систем передачи различных сетевых технологий, предназначенный для формирования, перераспределения каналов передачи и сетевых трактов и подключения ВС, служб электросвязи и пользователей сети. В зависимости от

вида первичной сети, к которой принадлежат сетевые узлы, их называют *магистральными, внутризоновыми, местными* или по имени корпоративной или ведомственной сети.

Нижнее звено ПС – *местная ПС* – состоит из каналов и трактов, соединяющих узлы и станции города или сельского района друг с другом и с абонентом или часть ПС в пределах города или района.

Внутризоновая ПС – часть ПС, ограниченная территорией, совпадающей с одной зоной нумерации, и обслуживающая соединение ее местных ПС с помощью типовых каналов и трактов.

Магистральная ПС – часть ПС, обеспечивающая соединение между собой типовых каналов передачи и сетевых трактов различных внутризоновых сетей на всей территории страны.

Основу ПС составляют системы передачи, обеспечивающие формирование типовых каналов и трактов, параметры которых нормализованы, и линии передачи.

В соответствии с принципами построения телефонной сети вся территория страны делится на зоны с единой системой нумерации абонентов в пределах зоны. Территория зоны, как правило, совпадает с территорией области.

Итак, по определению, внутризоновая первичная сеть электросвязи – часть первичной сети, обеспечивающая соединение между собой типовых каналов передачи и сетевых трактов разных местных первичных сетей одной зоны нумерации телефонной сети.

Каждая зональная сеть включает в себя городские и сельские телефонные сети. Коммутационным центром зоны является автоматическая междугородная телефонная станция (АМТС) в областном центре, через которую осуществляется связь между местными сетями зоны. Выход за пределы зоны осуществляется только через соответствующую АМТС.

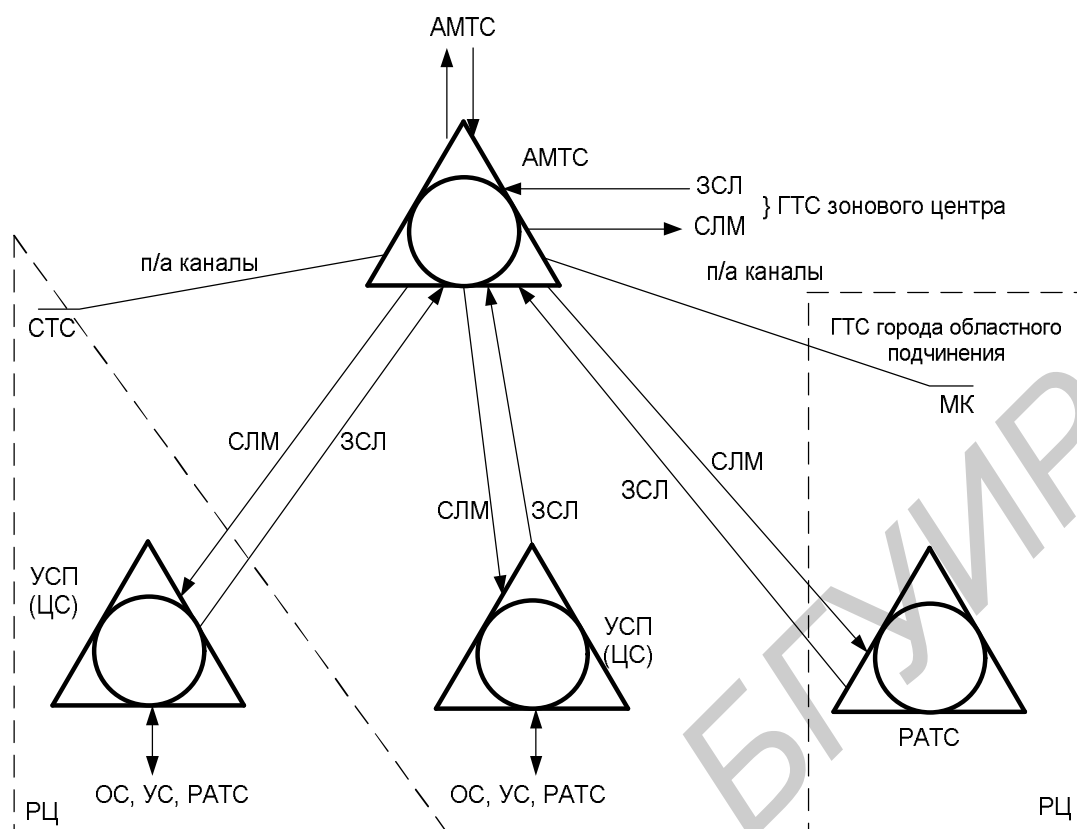
В связи с этим зональная сеть строится по радиально-узловому принципу (логическая топология), при этом в пределах зоны возможна организация связи по различным физическим топологиям в зависимости от того, какое оборудование ЦСП используется.

Логическая структура внутризоновой сети связи с одной АМТС в зоне представлена на рисунке 2.1.

Соединительные линии от районной автоматической телефонной станции (РАТС) к АМТС называются заказно-соединительными линиями (ЗСЛ), а линии от АМТС к РАТС – соединительными линиями междугородными (СЛМ).

Развитие местных и внутризоновых сетей определяется следующими факторами:

- изменением численности населения;
- нормами телефонной плотности;
- уровнем развития существующих сетей телекоммуникаций в отдельных населенных пунктах.



СТС – сельская телефонная станция
 ЦС – центральная станция местной сети
 УС – узловая станция
 ЗСЛ – заказно-соединительные линии
 СЛМ – соединительные линии междугородные

УСП – узел сельский пригородный
 ОС – оконечная станция
 РАТС – районная АТС
 МК – междугородный коммутатор
 РЦ – районный центр

Рисунок 2.1 – Структура внутризональной сети связи

При разработке схем развития внутризональных телефонных сетей, проектировании АМТС и дооборудования АТС райцентров и городов аппаратурой зональной связи возникает необходимость в определении числа ЗСЛ, СЛМ и каналов, связывающих местные телефонные сети районов и городов с АМТС и обеспечивающих передачу трафика между местными телефонными сетями и от местных телефонных сетей на междугородную сеть страны.

Как видно из рисунка 2.1, логической топологией при организации зональной сети связи является топология «звезда».

Следует отметить, что коэффициенты и нормы, используемые при расчете объема передаваемого трафика, определяются статистически и могут изменяться преподавателем.

2.2 Методика расчета заказно-соединительных линий, соединительных линий междугородных и каналов внутрizonовой телефонной сети

2.2.1 Определение нагрузки на ЗСЛ

Определение нагрузки на ЗСЛ осуществляется исходя из среднего количества междугородных и зоновых телефонных разговоров, приходящихся на один телефонный аппарат (удельная нагрузка).

Для полного учета всего обмена, исходящего от местной телефонной сети, наряду с обменами от абонентов необходимо учитывать обмен от переговорных пунктов (ПП) и междугородных телефонов-автоматов (МТА).

Общий обмен в разговорах за сутки $Q_{ИСХ}$, исходящий от местной телефонной сети административного района или города, определяется по формуле

$$Q_{ИСХ} = Q_{АБ} + Q_{ПП} = C_{АБГОР} N_{АБГОР} + C_{АБСЕЛ} N_{АБСЕЛ} + Q_{ПП}, \quad (2.1)$$

где $C_{АБГОР}$, $C_{АБСЕЛ}$ – существующий удельный обмен за сутки на одного абонента в разговорах для абонентов районного центра и района соответственно;

$N_{АБГОР}$, $N_{АБСЕЛ}$ – число абонентов местной телефонной сети на планируемый период, имеющих автоматический выход на зоную и междугородную телефонные сети соответственно для городского и сельского региона;

$Q_{ПП}$ – суточный обмен в разговорах от ПП и МТА на планируемый период.

По формуле (2.1) отдельно рассчитывается исходящий обмен от местных телефонных сетей города и административного района.

Число абонентов $N_{АБ}$ на планируемый период определяется на основе расчета стационарной емкости местных телефонных сетей: городской (ГТС) и сельской (СТС) и коэффициентов задействования этой емкости: для ГТС $K_{ЗГТС} = 0,92$, для СТС $K_{ЗСТС} = 0,82 \dots 0,85$.

Методика расчета стационарной емкости базируется на данных телефонной плотности a_j и численности городского $N_{ГОР}$ и сельского $N_{СЕЛ}$ населения на планируемый период.

Значение $N_{АБ}$ вычисляется по нижеприведенным формулам с учетом численности как городского, так и сельского населения района.

$$N_{АБГОР} = N_{ГОР} \cdot a_j \cdot K_{ЗГТС}, \quad N_{АБСЕЛ} = N_{СЕЛ} \cdot a_j \cdot K_{ЗСТС}.$$

Средние нормы телефонной плотности a_j и существующий удельный обмен в разговорах за сутки на одного абонента $C_{АБ}$ в зависимости от

численности населения города и района (сельской местности) приведены в таблице 2.1.

Суточный обмен от ПП и МТА определяется в зависимости от количества существующих и предполагаемых к установке на планируемый период кабин ПП и МТА и удельного обмена от одной кабины ПП и одного МТА.

$$Q_{ПП} = C_{ПП} N_{ПП} + C_{МТА} N_{МТА}.$$

Планируемое количество кабин ПП и МТА определяется по планам местных органов связи или на основе данных таблицы 2.2.

Для определения нагрузки от МТА и кабин ПП в эрлангах, принимаются, согласно [1], следующие исходные данные:

- средняя величина обмена от одного МТА – $C_{МТА} = 30$ разг./сутки;
- средняя величина обмена от одной кабины ПП – $C_{ПП} = 37$ разг./сутки;
- средняя продолжительность соединения МТА и ПП – 4,75 мин.

Таблица 2.1 – Нормы телефонной плотности на 1000 человек

Численность населения городов, тыс. чел.	Норма, a	C_{AB} , разг./сутки
до 10	215	0,7
10 ... 20	255	0,7
20 ... 50	290	0,6
50 ... 100	320	0,5
100 ... 500	370	0,4
выше 500	415	0,3
сельские населенные пункты	150	0,12

Таблица 2.2 – Количество кабин ПП и МТА на 1000 жителей

Численность населения, тыс. чел.	Нормы на количество кабин ПП и МТА на 2005 г.		
	МТА	ПП	всего
до 20	1,1	0,015	1,115
20 ... 50	1,0	0,01	1,01
50 ... 100	0,9	0,01	0,91
100 ... 500	0,8	0,01	0,81
выше 500	0,7	0,006	0,706

Переход от обмена в разговорах к нагрузке в эрлангах осуществляется по формуле

$$U_{ЗСЛ} = \frac{Q \cdot t_{ЗАН} \cdot K_{ЧНН}}{60}, \text{ Эрл}, \quad (2.2)$$

где Q – обмен в разговорах в сутки,

$K_{ЧНН}$ – коэффициент концентрации обмена в час наибольшей нагрузки (ЧНН) для автоматической связи, равный $K_{ЧНН} = 0,1 \dots 0,12$;

$t_{ЗАН}$ – время занятия ЗСЛ, в минутах.

Соответственно общая исходящая нагрузка в эрлангах на ЗСЛ, создаваемая абонентами и ПП и МТА, определяется по формуле

$$y_{ЗСЛ} = \frac{(Q_{АБ} \cdot t_{ЗСЛ1} + Q_{ПП} \cdot t_{ЗСЛ2}) \cdot K_{ЧНН}}{60},$$

где $t_{ЗСЛ1}$, $t_{ЗСЛ2}$ – время занятия ЗСЛ в минутах соответственно для абонентов (определяется в п. 2.2.3) и для МТА и ПП.

2.2.2 Определение нагрузки на СЛМ

Входящий обмен и входящая нагрузка, т.е. обмен и нагрузка в расчете на междугородные соединительные линии СЛМ, определяются суммированием входящих обменов к данной местной сети от местных телефонных сетей данной зоны и от междугородной телефонной сети, т.е. от других зон. При проектировании АТС местных телефонных сетей она определяется по формуле

$$Q_{ВХ} = Q_{ВХАБ} + Q_{ВХПП} = \frac{(C_{АБГОР} \cdot N_{АБГОР} + C_{АБСЕЛ} \cdot N_{АБСЕЛ}) + Q'_{ПП}}{K_{П}}, \quad (2.3)$$

где $C_{АБГОР}$, $C_{АБСЕЛ}$ – существующий удельный обмен за сутки на одного абонента в разговорах для абонентов районного центра и района соответственно;

$N_{АБГОР}$, $N_{АБСЕЛ}$ – число абонентов местной телефонной сети на планируемый период соответственно для городского и сельского региона;

$Q'_{ПП}$ – суточный обмен от переговорных пунктов без учета обмена МТА;

$K_{П}$ – существующее соотношение исходящего и входящего обменов:

$$K_{П} = \frac{Q_{ИСХ}}{Q_{ВХ}} = 0,7...0,8. \quad (2.4)$$

Переход от обмена в разговорах к нагрузке в эрлангах осуществляется по формуле

$$u_{СЛМ} = \frac{Q_{ВХ} \cdot K_{ЧНН} \cdot t_{СЛМ}}{60}, \text{ Эрл}, \quad (2.5)$$

где $t_{СЛМ}$ – среднее время занятия СЛМ, для абонентов определяется в п. 2.2.3, для ПП указан ранее.

2.2.3 Определение времени занятия ЗСЛ и СЛМ

При определении времени занятия ЗСЛ и СЛМ принимаются следующие значения средней продолжительности чистого разговора на ЗСЛ и СЛМ:

– для междугородной автоматической связи $t_M = 4$ мин;

- для автоматической зононой связи $t_3 = 3$ мин;
- для полуавтоматической междугородной и зононой связи $t_{П/А} = 5$ мин.

Время занятия ЗСЛ определяется по формуле

$$t_{ЗСЛ} = (t_{P1} + t_y \cdot n) \cdot K_{П}, \text{ мин}, \quad (2.6)$$

где t_{P1} – время разговора на ЗСЛ, определяемое из выражения

$$t_{P1} = t_M \cdot p_{M1} + t_3 \cdot p_{31}, \text{ мин}, \quad (2.7)$$

где p_{M1}, p_{31} – доли обмена, направляемого на междугородную и зононую телефонную сети соответственно, определяются на основе статистического анализа, при этом $p_{M1} + p_{31} = 1$; при расчетах принять $p_{M1} = 0,6, p_{31} = 0,4$;

$t_y = 0,5$ – время установления соединения для одной попытки, мин;

n – число попыток на одно установленное соединение, закончившееся разговором. Согласно статистическим данным $n = 2,5$;

$K_{П}$ – коэффициент, учитывающий различие во времени занятия ЗСЛ и СЛМ, определен ранее.

Время занятия СЛМ определяется по формуле:

$$t_{СЛМ} = (t_{P2} + t_y \cdot n), \quad (2.8)$$

где $t_{P2} = t_M \cdot p_{M2} + t_3 \cdot p_{32} + t_{П/А} \cdot p_{П/А}$, мин;

$p_{П/А}$ – доля обмена, направляемого по СЛМ с полуавтоматическим способом установления соединения, $p_{П/А} = 0,1 \dots 0,15$;

p_{M2}, p_{32} – доли автоматизированного междугородного и зонового обменов соответственно, направляемого по СЛМ. При этом должно выполняться условие $p_{M2} + p_{32} + p_{П/А} = 1$.

При расчетах принять $p_{M2} = 0,5, p_{32} = 0,4, p_{П/А} = 0,1$.

n – число попыток на соединение по СЛМ, принять $n = 1,5$.

2.2.4 Определение количества ЗСЛ и СЛМ

Среднее количество ЗСЛ и СЛМ определяется исходя из рассчитанной нагрузки в зависимости от величины потерь на участках зононой телефонной сети и типа оборудования АТС и АМТС. Нормы потерь для основных направлений межстанционных связей принять равными 1 %.

На участке РЦ-АМТС телефонная нагрузка направляется по двум пучкам:

- по пучку ЗСЛ для абонентов местной телефонной сети;

- по пучку каналов заказной системы для выхода телефонистов в АМТС-РЦ на исходящие междугородные каналы, включенные в АМТС зоны.

На участке зононой сети АМТС-РЦ вся нагрузка направляется по единому пучку СЛМ.

По данным современных статистических исследований объем трафика передачи данных (Интернет) и трафика, создаваемого пользователями систем подвижной связи, соизмерим с объемом междугородного телефонного трафика. Поэтому суммарный трафик может быть рассчитан по формуле

$$Y_S = Y_{ТЛФ} + Y_{INT} + Y_{СОГ} = Y_{ТЛФ} + m_1 Y_{ТЛФ} + m_2 Y_{ТЛФ}, \quad (2.9)$$

где m_1 – коэффициент, учитывающий долю трафика Интернет по отношению к телефонному трафику;

m_2 – коэффициент, учитывающий долю трафика сетей подвижной связи по отношению к телефонному трафику.

На основе статистического анализа передаваемого трафика указанные коэффициенты на период написания данного пособия составляют $m_1=1,5$, $m_2=0,35$.

По формуле (2.9) необходимо рассчитать суммарный исходящий $Y_{СИСХ}$ и суммарный входящий $Y_{СВХ}$ трафики.

2.2.5 Определение количества соединительных линий

Определение количества ЗСЛ и СЛМ, включенных в АТС, осуществляется по таблицам Эрланга для полнодоступного включения при вероятности потерь $P = 0,01$. В таблице приложения приведена зависимость числа линий от нагрузки в эрлангах для полнодоступного пучка при потерях $P = 0,01$ (1 %).

Если нагрузка больше 160 Эрл, то можно воспользоваться данными таблицы 2.3.

Таблица 2.3 – Число линий в зависимости от нагрузки (в эрлангах) для полнодоступного пучка при потерях $P = 0,01$ (1 %).

Нагрузка	Количество линий	Нагрузка	Количество линий
160	179	500	525
200	221	600	626
240	262	700	726
280	302	800	827
320	343	900	927
360	384	1000	1027
400	424		

Количество ЗСЛ и СЛМ, включенных в АТС, может рассчитываться также на основе аналитического выражения первой формулы Эрланга:

$$P = \frac{Y_p^v}{V! * \sum_{i=0}^v \left(\frac{Y_p^i}{i!} \right)}, \quad (2.10)$$

где Y_p – расчетное значение нагрузки;
 V – количество соединительных линий;
 p – норма потерь.

При расчете количества ЗСЛ и СЛМ необходимо учесть 30-процентный запас, связанный с ростом объема передаваемого трафика на перспективу.

Количество потоков Е1 для ЗСЛ и СЛМ вычисляется по формуле (2.11) с последующим округлением результата к большему целому числу:

$$N_{ИКМ} = V_{СЛ} / 30. \quad (2.11)$$

Информацию о результатах расчетов необходимо представить в виде таблицы (таблица 2.4). При расчете объема передаваемого по сети трафика из рассмотрения исключается собственно трафик, создаваемый областным центром и его районом, так как междугородный трафик от городской телефонной сети и сети района включается непосредственно в АМТС зоны.

На основе данных таблицы рассчитывается общее количество потоков Е1, которое необходимо ввести/вывести в каждом районном центре, а также ввести/вывести в областном центре для связи с АМТС.

Таблица 2.4 – Сводная таблица рассчитанных величин

Наименование параметра	Обозн.	Все районы в соответствии с ТЗ	
		город	район
1	2	3	4
Численность населения, тыс. чел	N		
Норма телефонной плотности	a		
Численность абонентов	$N_{аб}$		
Удельный обмен на одного абонента, разговоры/сутки	$C_{аб}$		
Время занятия ЗСЛ, мин	$t_{ЗСЛ}$		
Время занятия СЛМ, мин	$T_{СЛМ}$		
Исходящий обмен телефонного трафика абонентов, разговор/сутки	$Q_{исх\ аб}$		
Нормы на количество МТА	$a-МТА$		
Количество МТА, шт.	$N_{МТА}$		
Удельный обмен на один МТА, разговоры/сутки	$C_{МТА}$		
Нормы на количество ПП	$a-ПП$		

1	2	3	4
Количество ПП, шт.	$N_{ПП}$		
Удельный обмен на один ПП	$C_{ПП}$		
Исходящий обмен телефонного трафика МТА, разговор/сутки	$Q_{ИСХ МТА}$		
Исходящий обмен телефонного трафика ПП, разговор/сутки	$Q_{ИСХ ПП}$		
Исходящая нагрузка от аб-в, Эрл	$Y_{ЗСЛАБ}$		
Исходящая нагрузка от МТА, Эрл	$Y_{ЗСЛМТА}$		
Исходящая нагрузка от ПП, Эрл	$Y_{ЗСЛПП}$		
Суммарная исходящая нагрузка, Эрл	$Y_{ЗСЛ}$		
Суммарная исходящая нагрузка с учетом трафика СПС и ПД, Эрл	$Y_{СИСХ}$		
Количество ЗСЛ			
Количество потоков Е1, необходимое для организации ЗСЛ			
Входящий обмен телефонного трафика абонентов, разговоры/сутки	$Q_{ВХАБ}$		
Входящий обмен телефонного трафика ПП, разговоры/сутки	$Q_{ВХПП}$		
Входящая нагрузка абонентов, Эрл	$Y_{СЛМАБ}$		
Входящая нагрузка ПП, Эрл	$Y_{СЛМПП}$		
Суммарная входящая нагрузка, Эрл	$Y_{СЛМ}$		
Суммарная входящая нагрузка с учетом трафика СПС и ПД, Эрл	$Y_{СВХ}$		
Количество СЛМ			
Количество потоков Е1, необходимое для организации СЛМ			
Общее количество потоков Е1			
Общее количество потоков Е1 с учетом запаса на перспективу			

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТОПОЛОГИИ СЕТИ

Как отмечено в ТЗ, внутризональную сеть необходимо построить, используя оборудование систем передачи синхронной цифровой иерархии (SDH), при этом в районных центрах целесообразно ввести в действие цифровые АТС, которые позволяют коммутировать как основные цифровые каналы (ОЦК) со скоростью 64 кбит/с, так и первичные цифровые каналы (ПЦК) со скоростью 2,048 Мбит/с. Рассчитанный объем межстанционного трафика в ПЦК представлен в таблице 2.5 подраздела 2.2.

При проектировании сети для всех каналов должно быть реализовано стопроцентное резервирование, что необходимо учесть при выборе уровня STM-n.

При проектировании сети необходимо выбрать кольцевую топологию с одной поперечной связью. Протяженность кольца, связывающего все районные центры, должна быть минимальной.

Поперечная связь организуется между областным центром и одним из районных центров таким образом, чтобы оптимизировать нагрузку в сети, а также уменьшить объем устанавливаемого оборудования в узлах сети. При этом по дополнительному кольцу должен передаваться сигнал уровня STM-n, а по основному – более высокого уровня.

Кольцевая топология является предпочтительной с точки зрения простоты, надежности (при одиночных повреждениях) и обеспечения защиты синхронных потоков в сетях, построенных на основе оборудования SDH. Поперечная связь повышает надежность и самовосстанавливаемость сети при нескольких повреждениях на сети.

Для построения оптимальной топологии необходимо:

- определить расстояния между населенными пунктами по автомобильным дорогам, вдоль которых предполагается прокладывать коммуникации;
- данные представить в виде таблицы 3.1.

Таблица 3.1 – Расстояния между узлами проектируемой сети

Город	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-	61	110	60	137	94	57	69
2	61	-	49	73	121	58	70	32
3	110	49	-	55	205	107	119	81
4	60	73	55	-	49	94	114	74
5	137	121	104	49	-	64	106	73
6	94	58	107	94	64	-	42	40
7	57	70	119	114	106	42	-	40
8	69	32	81	74	73	40	40	-

Задача минимизации протяженности кольца решается любым известным студенту методом оптимизации с указанием алгоритма оптимизации и приведения в приложении текста программы оптимизации. При минимизации протяженности кольца можно применить, к примеру, методы решения задачи коммивояжера.

Ячеистая сеть приводит к минимальному числу требуемых мультиплексоров различных уровней и с этой точки зрения является оптимальной, однако сложности возникают при необходимости организации защиты каналов. Вопросы защиты решаются путем направления резервируемого канала по двум маршрутам с совпадающими конечными

точками (защита SNCP). Схема защиты по разнесенным маршрутам требует более тщательного расчета числа потоков, проходящих по отдельным ветвям сети, для того чтобы убедиться, что оно не превышает возможности кросс-коммутатора узлового мультиплексора. Расчет загрузки сегментов сети также позволяет ответить на вопрос о том, какого уровня мультиплексор может быть использован в данном узле.

В данном разделе необходимо привести обоснование оптимизированного варианта топологии сети с указанием населенных пунктов, как показано на рисунке 3.1. Необходимо также указать протяженности основного и дополнительного колец сети.

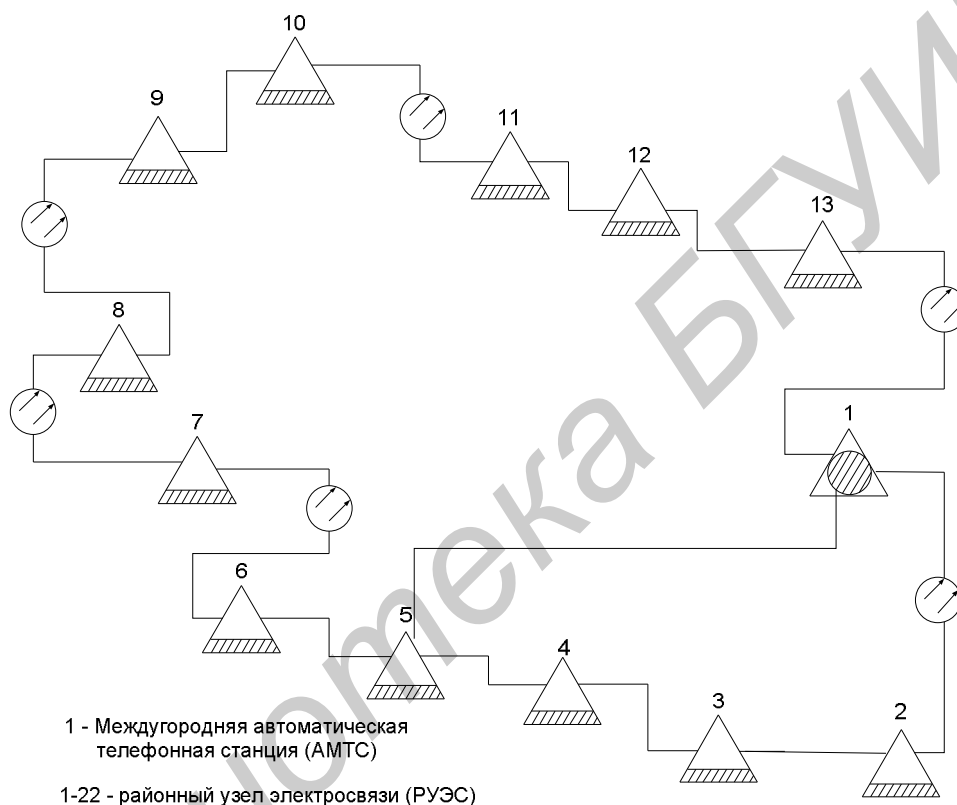


Рисунок 3.1 – Топология проектируемой внутризональной сети

4 РАСЧЕТ ОБЪЕМА ОБОРУДОВАНИЯ, РАЗМЕЩАЕМОГО В УЗЛАХ СЕТИ

4.1 Конфигурация мультиплексорных узлов

Для конфигурации узлов, составления спецификации устанавливаемого оборудования необходимо знать номенклатуру сменных блоков, знать их назначение и функциональные возможности.

После расчета количества первичных цифровых потоков, передаваемых по внутризональной сети, необходимо:

- с учетом выбранного механизма защиты передаваемого трафика определить уровень STM-n, необходимый для организации кольца;
- выбрать оборудование соответствующего уровня STM-n;
- для выбранного оборудования необходимо привести структурную схему синхронного мультиплексора, внешний вид мультиплексора, перечень и назначение сменных блоков при типовой (базовой) конфигурации с указанием их мест расположения в корзине;
- перечень и количество сменных блоков оборудования, необходимых для организации связи в пределах внутризональной сети.

Конфигурацию мультиплексорных узлов для выбранного типа оборудования, обеспечивающую ввод/вывод заданного количества каналов в узле и передачу по линии рассчитанного объема трафика с учетом резервирования, представить в виде таблицы 4.1.

Таблица 4.1 – Конфигурация мультиплексорных узлов

Наименование блока	Наименования районных центров, где устанавливается оборудование		Общее количество блоков
	
Указывается наименование платы, блока			
...			

4.2 Оборудование и конфигурация мультиплексоров 1650SMC и 1660SM

Основным требованием, предъявляемым к большим сетям, является использование высокоскоростных кольцевых структур доступа, обеспечивающих высокую надежность и возможность гибкой адаптации к изменяющемуся содержанию информационных потоков. Оборудование Alcatel 1650SMC и 1660SM является мультисервисным оборудованием для создания местных, городских, зональных и корпоративных сетей.

В оборудовании 1650SMC предусмотрены все интерфейсы PDH и SDH от 1,5 Мбит/с до 622 Мбит/с. В оборудовании 1660SM предусмотрены все интерфейсы PDH и SDH от 1,5 Мбит/с до 2,5 Гбит/с.

Указанное оборудование обеспечивает разнообразные методы защиты сети:

- защита линейной мультиплексорной секции (MSP),
- защита трактов при 100 % дублировании их в подсетях (SNCP),
- защита мультиплексорных секций за счет использования общей резервной распределенной емкости в сети с кольцевой конфигурацией (MS-SPRing).

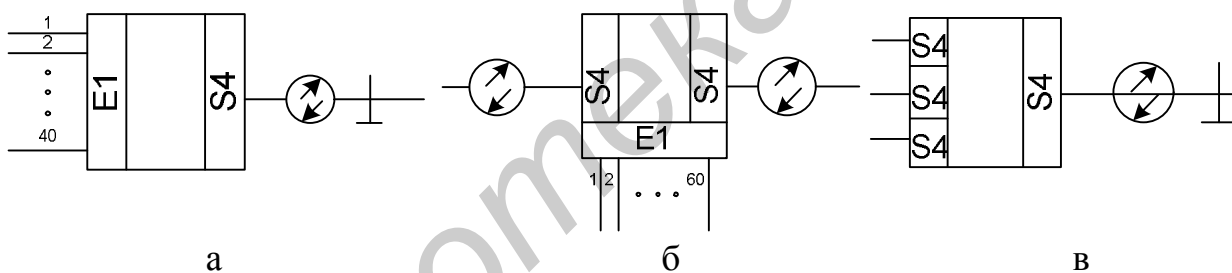
В дополнение к линейной защите в оборудовании возможна также реализация аппаратного резервирования (EPS), так как некоторые сменные блоки могут быть зарезервированы для обеспечения полной защиты.

Защита в системе электропитания обеспечена за счет распределенной структуры, при которой преобразование напряжения питания первичного источника в напряжения, необходимые для работы, осуществляется на каждой плате.

Мультиплексоры 1650SMC и 1660SM могут быть сконфигурированы как терминальные (оконечные) мультиплексоры (TM) (рисунок 4.1, а) и оборудованы как линейными, так и стационарными интерфейсами STM1/STM4 и STM16 (для 1660SM) для подключения к цифровой системе кросс-соединений или к линейной системе более высокого уровня.

Мультиплексоры 1650SMC и 1660SM могут быть также сконфигурированы как мультиплексоры ввода/вывода сигналов (ADM) (рисунок 4.1, б) из (в) поток STM1/STM4 и STM16 (для 1660SM), а также как концентратор (рисунок 4.1, в), что позволяет вводить/выделять компонентные потоки STM-N в общий поток и затем распределять их по соответствующим направлениям.

Мультиплексоры позволяют в рамках одного узла поддерживать все описанные выше конфигурации, реализуя, таким образом, смешанную конфигурацию.



а – терминальный мультиплексор; б – мультиплексор ввода/вывода;
в – мультиплексор типа «концентратор»

Рисунок 4.1 – Конфигурация мультиплексора

Для каждой из описанных выше конфигураций могут использоваться различные сетевые топологии. Наиболее важными из них являются:

- точка–точка;
- линейная или цепь;
- кольцевая и многокольцевая топология;
- смешанная топология.

В случае топологии «точка–точка» сетевой элемент может быть присоединен по линии к другому мультиплексору. При линейной топологии с возможностью ввода/выделения сетевой элемент может быть запрограммирован

для выполнения функции ввода/вывода сигналов PDH и SDH из (в) потока STM-1, STM-4, STM-16 или для работы в качестве окончания PDH-трактов.

Функция ввода/выделения позволяет реализовать кольцевые структуры. Виртуальные контейнеры можно автоматически перенаправить в случае разрыва оптического соединения или отказа на одном из узлов оборудования.

Ячеистую и смешанную топологии целесообразно использовать в случае сбора трафика в периферийных узлах.

В указанном оборудовании реализованы различные механизмы защиты. В таблице 4.2 представлена обобщенная информация о взаимосвязи между сетевыми применениями (с собственными механизмами защиты) и режимами конфигурации. Для защиты линии от сбоев может использоваться механизм защиты линии MSP 1+1, а в некоторых случаях отказоустойчивая работа узла также может обеспечиваться с помощью топологии сдвоенного концентратора. Для данного типа сетевых топологий целесообразно применять цифровую систему кросс-соединений сигналов, а также защиту SNCP.

Таблица 4.2 – Взаимосвязь сетевых топологий и режимов конфигурации

Сетевое применение	Схема защиты сети	Конфигурация	
		TM	ADM
Топология «точка-точка»	MSP	+	
Топология «линейная цепь»	MSP	+	+
Топология смешанная и «звезда»	MSP и SNCP	+	+
Топология «кольцо»	SNCP		+

4.3 Состав оборудования мультиплексора 1650SMC

В состав мультиплексора 1650SMC входят платы трех типов:

– **платы доступа:** платы, на которых размещены интерфейсы физических сигналов (электрические разъемы);

– **платы портов:** платы, реализующие функцию обработки сигнала SDH;

– **модули (электрические или оптические):** представляют собой особый тип плат доступа (небольшого размера), которые устанавливаются на передней панели определенных плат.

Рассмотрим структуру, размещение состав, кодировку и секционирование оборудования.

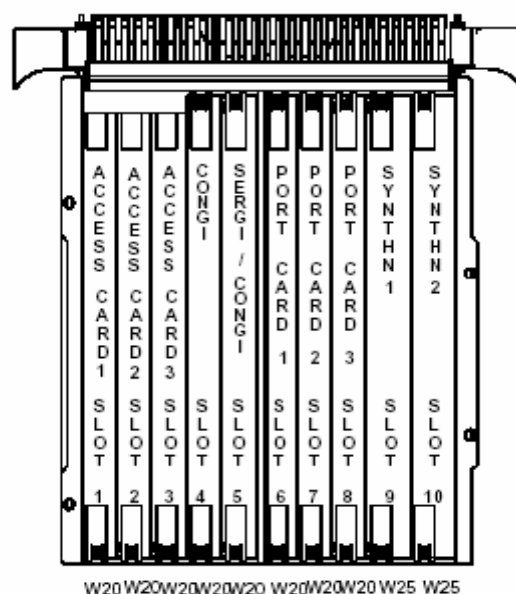


Рисунок 4.2 – Вид спереди оборудования 1650SMC

Вид спереди каркаса оборудования показан на рисунке 4.2.

В таблице 4.3 перечислены блоки, используемые в оборудовании, а также указаны сведения о позиции каждого из элементов (номер Slot) и о возможном максимальном количестве данных плат в оборудовании. В таблице 4.3 указывается также «акроним», идентифицирующий блоки и представляющий собой надпись на передней панели.

Таблица 4.3 – Список основных компонентов оборудования

Название	Акроним	Макс. кол-во	Позиции
1	2	3	4
МЕХАНИЧЕСКИЕ ЧАСТИ			
Каркас 1650SMC	SR50C	1	
ОБЩИЕ КОМПОНЕНТЫ			
Блок COMPACT ADM-4	SYNTH4N	2	9, 10
Флэш-карта 256 Мбайт	-	2	-
НИЗКОСКОРОСТНЫЕ ПОРТЫ (PDH)			
Порт 63×2 Мбит/с G703/ISDN-PRA	P63E1N	2	6, 7
ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ ПОРТЫ (PDH)			
Порт 3×34/45 Мбит/с	P3E3T3	3	6, 7, 8
ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ ПОРТЫ: STM-1 (SDH) и 140 Мбит/с (PDH)			
Опт/эл. порт 4×140/STM1	P4E4N	3	6, 7, 8
Опт/эл. порт 4×STM1	P4S1N	3	6, 7, 8
Электрический порт 4×STM1	P4ES1N	3	6, 7, 8
ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ ПОРТЫ: STM-4 (SDH)			
Порт S-4.1 FC/PC (SC/PC)	S-4.1N	3	6, 7, 8
Порт L-4.1 FC/PC (SC/PC)	L-4.1N		
Порт L-4.2 FC/PC (SC/PC)	L-4.2N		
ПЛАТЫ ДОСТУПА LS			
21×2 Мбит/с 75 Ом	A21E1	3	1, 2, 3
21×2 Мбит/с 120 Ом	A21E1		
ПЛАТЫ ДОСТУПА HS			
3×34 Мбит/с 75 Ом	A3E3	3	1, 2, 3
Опт./эл. адаптер (используется совместно P4S1N)	A2S1	3	1, 2, 3
4×STM-1 эл. 75 Ом (используется совместно P4ES1N)	A4ES1		
Защита высокого уровня	HPROT	1	1, 2
СЛУЖЕБНЫЙ И ОБЩИЙ ИНТЕРФЕЙС			
Служебный и общий I/F	SERGI	1	5
УПРАВЛЯЮЩИЙ И ОБЩИЙ ИНТЕРФЕЙС			
Управляющий и общий I/F	CONGI	2	4, 5

1	2	3	4
МОДУЛИ STM-1			
Эл. интерфейс STM-1	ICMI	16	-
Опт. интерфейс S-1.1 FC/PC (SC/PC)	IS-1.1		-
Опт. интерфейс L-1.1 FC/PC (SC/PC)	IL-1.1		-
Опт. интерфейс L-1.2 FC/PC (SC/PC)	IL-1.2		-
МОДУЛИ STM-4			
Опт. интерфейс S-4.1 FC/PC (SC/PC)	IS-4.1	2	
Опт. интерфейс L-4.1 FC/PC (SC/PC)	IL-4.1		
Опт. интерфейс L-4.2 FC/PC (SC/PC)	IL-4.2		

Ниже на рисунках представлен внешний вид всех плат оборудования.

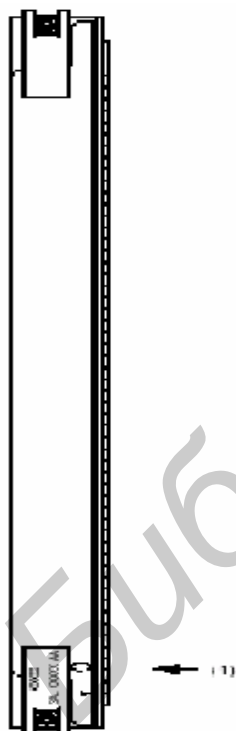
Приняты следующие обозначения:

МСД – многоцветный светодиод:

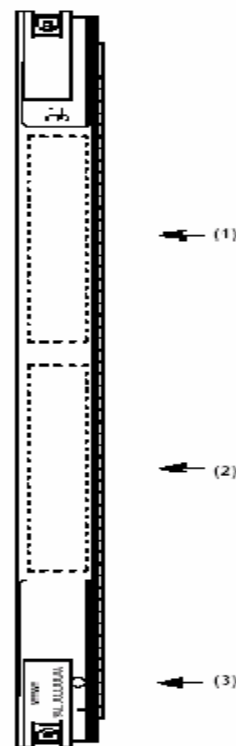
- красный цвет – местный аварийный сигнал блока;
- зеленый цвет – блок функционирует нормально;
- оранжевый цвет – блок в резерве (схема EPS).

ДСД – двухцветный светодиод:

- красный цвет – местный аварийный сигнал блока;
- зеленый цвет – блок функционирует нормально.



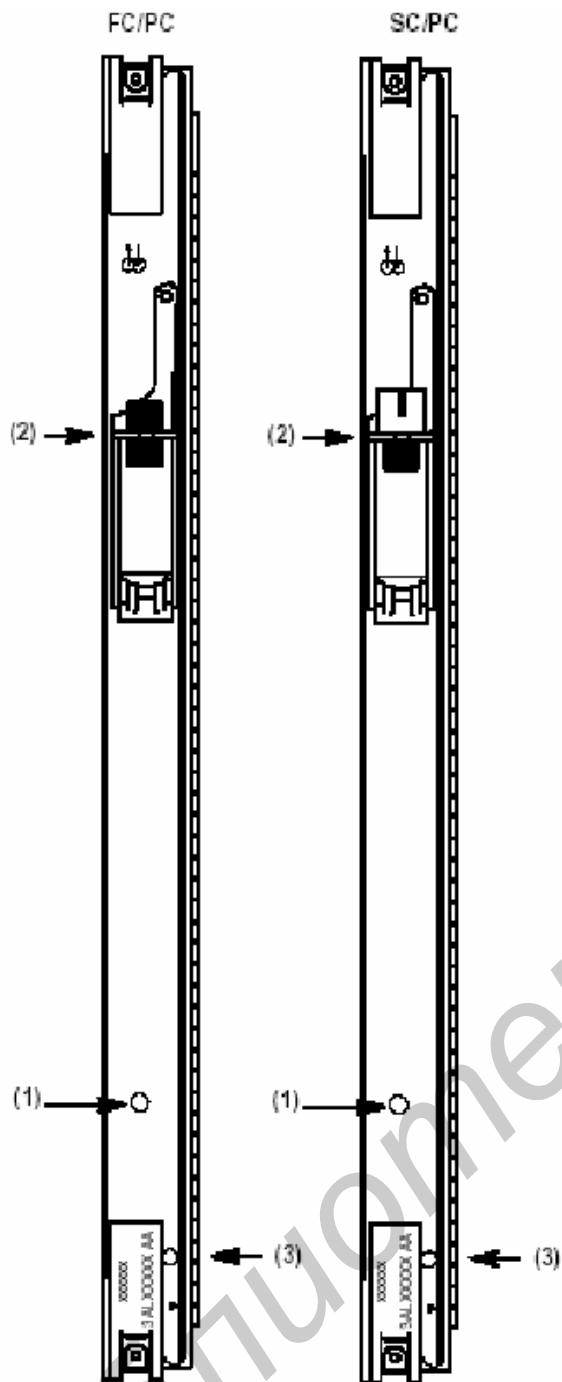
(1) МСД



(1) Канал 1 – электрический или оптический модуль;
 (2) канал 2 – электрический или оптический модуль;
 (3) ДСД

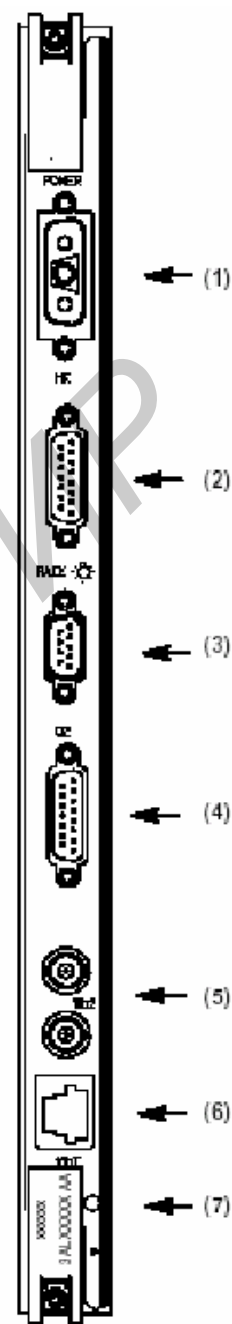
Рисунок 4.3 – Плата электрического порта PDH, SDH (P63E1N, P3E3T3, P4ES1N)

Рисунок 4.4 – Плата порта 4xSTM-1 или 4x140 Мбит/с (P4S1N, P4E4N)



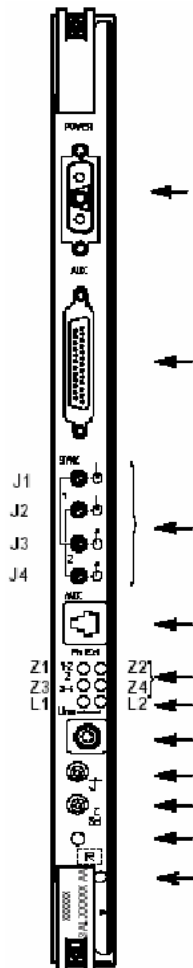
- (1) Кнопка перезапуска лазера;
- (2) канал 1;
- (3) ДСД

Рисунок 4.5 – Плата оптического порта STM-4 (S-4.1N, L-4.1N, L-4.2N)



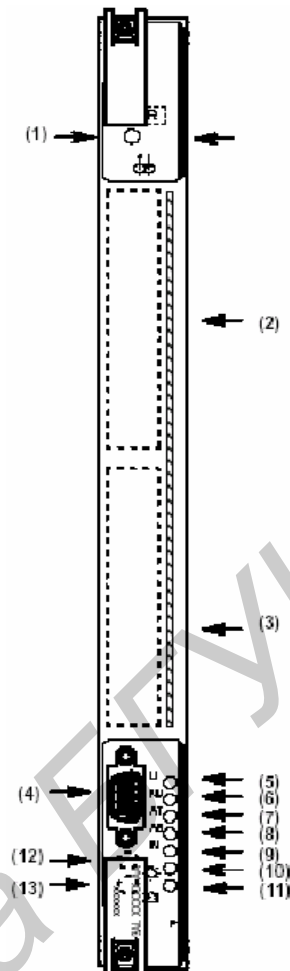
- (1) Питание;
- (2) удаленный и служебный аварийные сигналы;
- (3) лампочка стойки;
- (4) QMD (Q2);
- (5) I/O BNC для интерфейса Q3 10Base2;
- (6) RJ45 для интерфейса Q3 10BaseT;
- (7) ДСД

Рисунок 4.6 – Управляющий и общий интерфейс (CONGI)



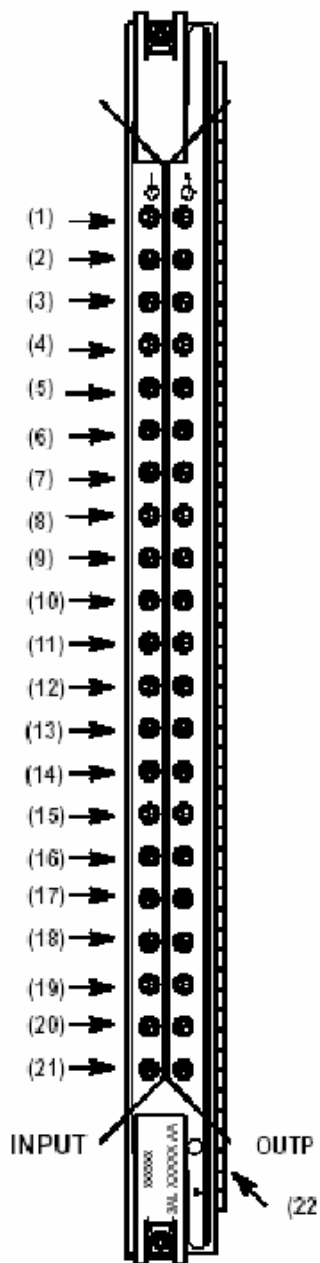
- (1) Питание;
- (2) дополнительные каналы: 2 канала G.703, 2 канала RS-232, 2 канала V.11;
- (3) дополнительные сигналы и сигналы синхронизации 2 Мбит/с:
 - J1 – вход 2 МГц,
 - J2 – вход 2 Мбит/с,
 - J3 – выход 2 МГц,
 - J4 – выход 2 Мбит/с;
- (4) точка подключения телефона по четырехпроводной схеме (RJ11);
- (5) Z1–Z4 – светодиоды выбора зоны EOW (N.B.1);
- (6) L1–L2 – состояние светодиодов для селективных и групповых вызовов (N.B.2);
- (7) телефонное гнездо;
- (8) кнопка захвата линии;
- (9) кнопка выбора зоны EOW;
- (10) командная кнопка сброса;
- (11) ДСД

Рисунок 4.7 – Плата SERGI



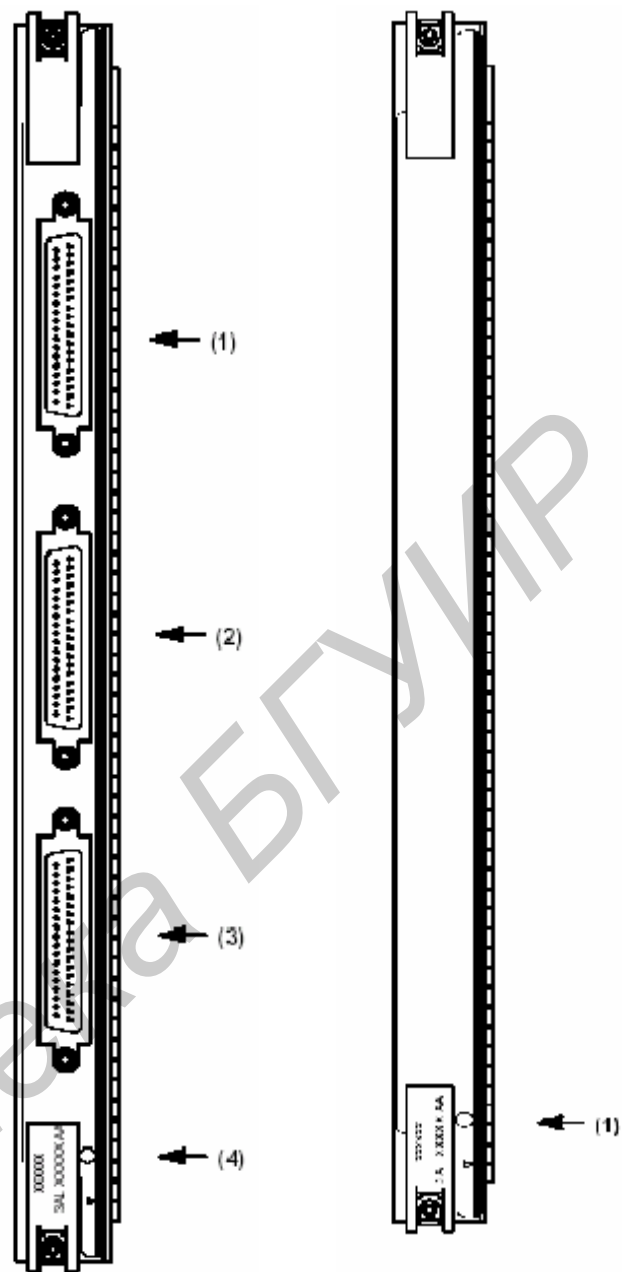
- (1) Командная кнопка сброса;
- (2) канал 1 – электрический или оптический модули;
- (3) канал 2 – электрический или оптический модули;
- (4) разъем для подключения персонального компьютера (F-интерфейс);
- (5) красный светодиод – срочный аварийный сигнал (критический или значительный);
- (6) красный светодиод – несрочный аварийный сигнал (несущественный);
- (7) желтый светодиод – сохранение аварийного сигнала (дежурного);
- (8) желтый светодиод – аварийное состояние;
- (9) желтый светодиод – индикативный аварийный сигнал (предупреждение);
- (10) зеленый светодиод: зажжен – активный блок, погашен – резервный блок;
- (11) ДСД;
- (12) кнопка тестирования ламп;
- (13) кнопка сохранения аварийного сигнала (дежурного)

Рисунок 4.8 – Плата SYNTH4N



(1)–(21) Сигналы данных
2 Мбит/с;
(22) ДСД

Рисунок 4.9 – Плата
доступа А21Е1 (21×2
Мбит/с, 75 Ом)

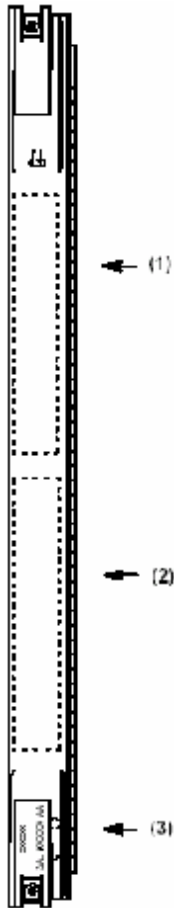


(1) Разъем для каналов 1–7;
(2) разъем для каналов 8–14;
(3) разъем для каналов 15–21;
(4) ДСД

Рисунок 4.10 – Плата
доступа А21Е1 (21×2
Мбит/с, 120 Ом)

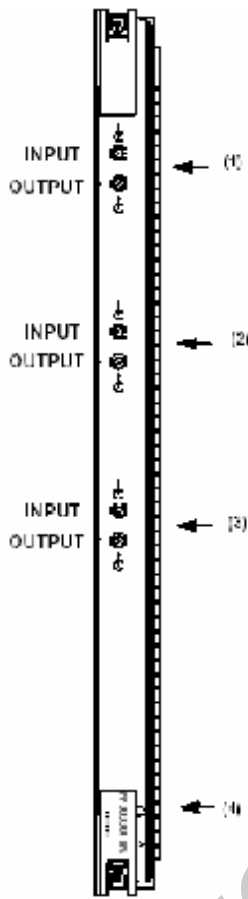
(1) ДСД

Рисунок 4.11 – Плата
защиты
высокоскоростного
оборудования HPROT



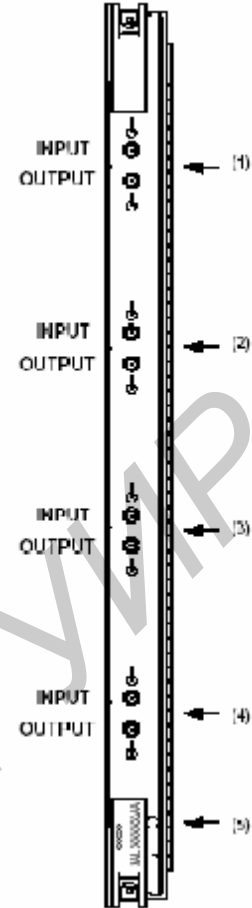
- (1) Канал 3 – электрический или оптический модули STM-1;
- (2) канал 4 – электрический или оптический модули STM-1;
- (3) ДСД

Рисунок 4.12 – Адаптер A2S1 (платы доступа) 2×140/STM-1



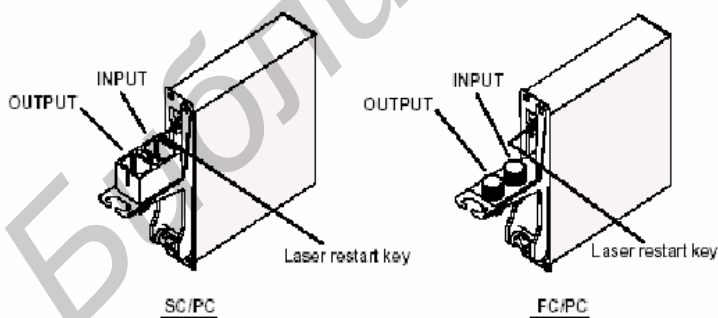
- (1) Канал 1;
- (2) канал 2;
- (3) канал 3;
- (4) ДСД

Рисунок 4.13 – Плата доступа A2E3 (3×34 Мбит/с, 75 Ом)



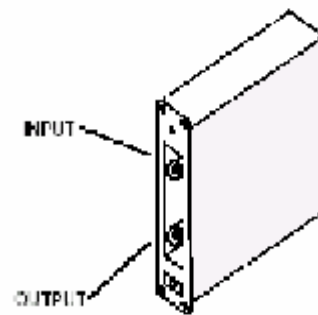
- (1) Канал 1;
- (2) канал 2;
- (3) канал 3;
- (4) канал 4;
- (5) ДСД

Рисунок 4.14 – Плата доступа A4ES1 (4×STM-1)



INPUT – Вход;
 OUTPUT – Выход;
 Laser restart key – кнопка перезапуска лазера

Рисунок 4.15 – Оптический модуль STM-1 или STM-4



INPUT – Вход;
 OUTPUT – Выход

Рисунок 4.16 – Электрический модуль STM-1 или 140 Мбит/с

4.4 Функциональное описание блоков оборудования

Плата доступа 21 × 2 Мбит/с (A21E1)

Плата доступа 21×2 Мбит/с обеспечивает соединение соединительной панели с внешней линией для передачи в обоих направлениях 21 сигнала E1. В соответствии с электрическими характеристиками линии (сопротивление 75 Ом или 120 Ом) используются различные типы плат доступа. На входе платы имеется блок защиты, устраняющий выбросы входящего сигнала.

При нормальных рабочих условиях работы сигнал, принимаемый из линии, поступает на «рабочую» плату порта 63×2 Мбит/с. При аварийных условиях осуществляется переключение сигнала, принимаемого из линии, на «резервную» плату порта.

Плата доступа 3 × 34 Мбит/с (A3E3)

Плата доступа 3×34 Мбит/с обеспечивает связь соединительной панели с внешней линией для передачи в обоих направлениях трех сигналов E3 PDH (75 Ом) в соответствии с Рекомендацией ITU-T G.703.

При этом выполняются следующие функции:

– декодирование, кодирование сигнала и управление аварийным сигналом LOS;

- защита с помощью резервных плат;
- реализация местного и удаленного шлейфа;
- функции управления;
- подача питания.

Адаптер O/E 2 × 140/STM-1 (плата доступа) (A2S1)

На плате доступа A2S1 могут размещаться два независимых электрических модуля, или два оптических модуля, или один электрический и один оптический модуль.

Электрическая плата доступа 4 × STM-1 (A4ES1)

Плата доступа A4ES1 размещена в зоне доступа и обеспечивает подключение к линейному коаксиальному кабелю плат высокоскоростных портов 4×STM1 или 4×140 Мбит/с.

Плата доступа для защиты высокоскоростных портов (HPROT)

Плата доступа HPROT используется для EPS-защиты высокоскоростных портов. Если требуется защита, эта плата обеспечивает соединение между платами доступа и резервным высокоскоростным портом. Плата принимает сигналы, поступающие через соединительную панель от платы доступа.

Электрический модуль (ICMI)

Электрический модуль может размещаться на плате доступа A2S1, платах портов P4S1N, P4E4N и SYNTH1N. На каждой плате может быть установлено до двух модулей.

Модуль содержит:

- интерфейс CMI (декодер CMI/NRZ и кодер NRZ/CMI);
- блок удаленной инвентаризационной информации.

Оптические модули STM-1

Оптические модули STM-1 обеспечивают физический оптический доступ для платы STM-1. В соответствии с типом используемого разъема (FC/PC или SC/PC) и длины волны (IS-1.1, L-1.1, L-1.2, L-1.2JE) существуют различные оптические модули.

В направлении входа оптический сигнал преобразуется в электрический сигнал и уровень сигнала адаптируется для передачи к плате порта (данные + тактовый сигнал); на стороне приема может быть обнаружен аварийный сигнал LOS.

В направлении выхода электрический сигнал, поступающий от платы порта (данные + тактовый сигнал), адаптируется по уровню, преобразуется в оптический сигнал и передается на линию.

Кроме того, оптический приемопередающий модуль передает и принимает следующие сигналы:

- Laser Fail (отказ лазера);
- Laser Degrade (ухудшение характеристик лазера);
- Laser Shutdown (отключение лазера).

Оптические модули STM-4

Оптические модули STM-4 обеспечивают физический оптический доступ для блока COMPACT ADM. В соответствии с типом используемого разъема (FC/PC или SC/PC) и длины волны (IS-4.1, L-4.1, L-4.2) используются различные оптические модули. Остальные функции такие же, как и в оптическом модуле STM-1.

Плата порта 63 × 2 Мбит/с/G703/ISDN-PRA (P63E1N)

Плата P63E1N представляет собой блок, который обеспечивает двунаправленный интерфейс между 63 плезиохронными сигналами E1 (2048 кбит/с) и сигналом STM4-BPF (BPF – формат соединительной панели каркаса), а также осуществляет функциональные возможности сетевого окончания NT при первичном доступе (Primary Rate Access (PRA)) ISDN.

Благодаря формату соединительной панели (STM4-BPF) 63 плезиохронных сигнала E1, которые могут быть размещены в цикле STM-1, выделяются/вставляются в AU4#1 цикла STM-4.

В состав блока входит GA (GA – Gate Array – вентиляционная матрица), которая преобразует 63 потока 2 Мбит/с в цикл STM-1 в соответствии с Рекомендацией ITU-T G.783. Поскольку формат соединительной панели для обмена данными между платой порта 63×2 Мбит/с и платой COMPACT ADM соответствует формату STM-4*, потоки 2 Мбит/с вставляются/выделяются для AU4#1 цикла STM-4.

Плата порта 3 × 34/45 Мбит/с (P3E3/T3)

Плата порта P3E3/T3 представляет собой двунаправленный интерфейс между тремя коммутируемыми потоками PDH 34 Мбит/с или 45 Мбит/с и STM4-BPF.

Благодаря формату соединительной панели 3 сигнала PDH 34 или 45 Мбит/с, которые могут быть размещены в цикле STM-1, выделяются/вставляются в AU4#4 цикла STM-4.

В соответствии с Рекомендацией ITU-T G.783 плата реализует следующие функции:

- размещение сигнала PDH в C-3;
- вставка/выделение VC3 POH;
- обработка указателя TU3;
- адаптация VC3 к VC4;
- сборка/разборка формата STM-1.

Функции SDH выполняются четырьмя вентиляемыми матрицами (по одной для каждого порта и одной общей для трех портов):

GA обеспечивает полный двунаправленный интерфейс для потока PDH 34 Мбит/с или для потока PDH 45 Мбит/с в соответствии с ITU-T G.783.

GA может управлять только одним потоком, следовательно, для обработки трех потоков на плате порта требуются три GA.

Электрическая/оптическая плата порта 4 STM-1 (P4S1N)

Порт 4×STM-1 обрабатывает до четырех потоков STM-1. Для предоставления физического доступа к сигналу STM-1 на плате может быть установлено максимум два электрических или оптических модуля. Остальные два модуля физического доступа расположены на соответствующей плате доступа.

Функции SDH, необходимые для управления сигналом STM-1, выполняются установленной на плате матрицей GA. Она взаимодействует с двумя матрицами на плате COMPACT ADM посредством соединительной панели.

В соответствии с Рекомендацией ITU-T G.783 матрица GA выполняет следующие функции: транспортного окончания (TTF), сборки контейнеров верхнего уровня (НОА), контрольтрактов нижнего (LPOM) и верхнего (HPOM) уровней.

Функции кросс-соединения (MSP, HPC и LPC) выполняются матрицами, имеющимися на двух платах COMPACT ADM (в конфигурации 1+1).

Плата порта О/Е 4 x 140/STM1 с функцией переключения

Плата порта О/Е 4 x 140/STM1 с функцией переключения представляет собой блок, который осуществляет двунаправленный интерфейс между четырьмя плезиохронными потоками 140 Мбит/с (E4) или синхронными потоками 155 Мбит/с (STM-1) и STM4-BPF.

Предоставляется гибкий выбор из двух возможных интерфейсов, а также допускается смешанная конфигурация. Для каждой платы порта P4E4N имеется четыре электрических (75 Ом) или оптических модуля (для ближней и дальней связи); два из четырех модулей расположены непосредственно на плате порта, остальные два модуля установлены на соответствующей плате доступа (A2S1).

155 Мбит/с STM–1

Функции SDH, необходимые для управления сигналом STM–1, выполняются установленной на плате матрицей GA. Она взаимодействует с двумя матрицами на плате COMPACT ADM посредством соединительной панели.

Если интерфейс запрограммирован на 155 Мбит/с, то блок «упаковки/распаковки 140-PDH/155-STM–1» предоставляет внутренний обходной путь для сигнала EN 140/155.

В соответствии с Рекомендацией ITU-T G.783 матрица GA выполняет следующие функции: TTF, НОА, LPOM, НРОМ. Функции кросс-соединения (MSP, НРС и LPC) выполняются матрицами, имеющимися на двух платах COMPACT ADM (в конфигурации 1+1).

140 Мбит/с PDH

Функции, необходимые для управления сигналом PDH 140 Мбит/с, выполняются блоком «упаковки/распаковки 140-PDH/155-STM–1» и матрицей GA, установленной на плате. Эта матрица взаимодействует с двумя матрицами на плате COMPACT ADM посредством соединительной панели.

Электрическая плата 4 x STM–1 (P4ES1N)

Порт 4×STM–1 обрабатывает до четырех потоков STM–1. На соответствующей плате доступа обеспечен физический доступ к четырем сигналам STM–1.

Функции SDH, необходимые для управления сигналом STM–1, выполняются установленной на плате матрицей GA. Она взаимодействует с двумя матрицами на плате COMPACT ADM посредством соединительной панели.

В соответствии с Рекомендацией ITU-T G.783 матрица GA выполняет следующие функции: TTF, НОА, LPOM, НРОМ. Функции кросс-соединения (MSP, НРС и LPC) выполняются матрицами, имеющимися на двух платах COMPACT ADM (в конфигурации 1+1).

Оптическая плата STM–4

Порт STM–4 обрабатывает оптический поток STM–4.

В соответствии с используемым типом разъема (FC/PC или SC/PC) и длиной волны (S-4.1, L-4.1, L-4.1JE, L-4.2 и L-4.2JE) существуют различные оптические порты STM–4.

Функции SDH, необходимые для управления сигналом STM–1, выполняются установленной на плате матрицей GA. Она взаимодействует с двумя матрицами на плате COMPACT ADM посредством соединительной панели.

В соответствии с Рекомендацией ITU-T G.783 матрица GA выполняет следующие функции: TTF, НОА, LPOM, НРОМ. Функции кросс-соединения (MSP, НРС и LPC) выполняются матрицами, имеющимися на двух платах COMPACT ADM (в конфигурации 1+1).

Плата COMPACT ADM (SYNTHIN)

Блок выполняет следующие функции:

- обработка полезной информации;
- реализация соединений (блок МАТРИЦЫ);
- синхронизация оборудования;
- функция контроллера;
- управление ОН;
- внешние интерфейсы, светодиоды и кнопки;
- подача питания.

Плата COMPACT ADM для обработки полезной информации может быть оборудована (SW и HW) двумя способами:

а) плата COMPACT ADM может обрабатывать до 2-х сигналов STM-1. Потоки могут быть оптическими, электрическими или смешанными. Имеется два линейных модуля: электрический-STM-1 или оптический-STM-1, устанавливаемые в свободных пространствах передней панели платы COMPACT ADM;

б) посредством установки в верхнее свободное пространство передней панели оптического сменного модуля STM-4 платой COMPACT ADM может быть обработан только один оптический сигнал STM-4.

Функции SDH, необходимые для управления сигналами STM-1 или STM-4, выполняются блоками GA и блоком МАТРИЦЫ.

Блок GA выполняет следующие функции: TTF, HPOM, HOA (HRA и HPT), LPOM, формирование и обработка байтов заголовков. Функции реализации соединения и функции защиты сети выполняются блоком МАТРИЦЫ.

Плата CONGI

Блок выполняет следующие основные функции:

- источник питания;
- интерфейс QB3;
- служебный и удаленный аварийный сигнал;
- интерфейс Q2/RQ2.

Плата SERGI

Плата SERGI выполняет следующие функции:

- управление дополнительными каналами (AUX);
- управление входным/выходным тактовыми сигналами;
- управление каналами EOW;
- входная ступень питания.

Блок обеспечивает два канала 64 Кбит/с, два канала V11, каждый канал содержит входные и выходные данные, а также тактовый сигнал, два канала RS-232, один канал 2 Мбит/с, который может использоваться в качестве дополнительного канала.

4.5 Состав оборудования мультиплексора 1660SM

В состав мультиплексора 1660SM входят платы трех типов (таблица 4.4):

- **платы доступа:** платы, на которых размещены интерфейсы физических сигналов (электрические разъемы);
- **платы портов:** платы, реализующие функцию SDH-обработки сигнала;
- **модули (электрические или оптические):** представляют собой особый тип плат доступа (небольшого размера), которые устанавливаются на передней панели некоторых определенных плат.

Рассмотрим структуру, размещение, состав, кодировку и секционирование оборудования. Вид спереди каркаса оборудования показан на рисунке 4.17.

Таблица 4.4 – Список основных компонентов оборудования 1660SM

Название	Акроним	Макс. кол-во	Позиции
1	2	3	4
МЕХАНИЧЕСКИЕ ЧАСТИ			
Каркас 1660SM	SR60M	1	
Контроллер оборудования	EQUICO	1	22
Матрица	MATRIXN	2	23, 40
Флэш-карта 256 МВ		1	-
Нагрузка распределительной шины	T/BUS	2	
НИЗКОСКОРОСТНЫЕ ПОРТЫ (PDH)			
Порт 63×2 Мбит/с G703/ISDN-PRA	P63E1N	7	24, 27, 30, 32, 33, 36, 39
ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ ПОРТЫ (PDH)			
Порт 3×34 / 45 Мбит/с	P3E3T3	16	24-39
ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ ПОРТЫ: STM-1 (SDH) и 140 Мбит/с (PDH)			
Эл. порт 4×STM-1	P4ES1N	16	24-39
Опт./эл. порт 4×140/STM-1	P4E4N	16	24-39
Порт 4×STM-1	P4S1N	16	24-39
ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ ПОРТЫ: STM-4 (SDH)			
Порт S-4.1 FC/PC SC/PC	S-4.1N	16	24-39
Порт L-4.1 FC/PC SC/PC	L-4.1N		
Порт L-4.2 FC/PC SC/PC	L-4.2N		
ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ ПОРТЫ: STM-16 (SDH)			
Порт S-16.1 FC/PC (SC/PC)	S-16.1 ND	4	25+26, 28+29, 34+35, 37+38
Порт L-16.1 FC/PC (SC/PC)	L-16.1 ND		
Порт L-16.2 FC/PC (SC/PC)	L-16.2 ND		

1	2	3	4
ПЛАТЫ ДОСТУПА LS			
21×2 Мбит/с 75 Ом 1.0/2.3	A21E1	18	1-9
21×2 Мбит /с 120 Ом	A21E1		13-21
ПЛАТЫ ДОСТУПА HS			
3×34 Мбит /с 75 Ом	A3E3	16	2-9
Опт./эл. 2×140/STM-1	A2S1		
4×STM-1 ЭЛ. 75 Ом	A4ES1		13-20
Высокоскоростная защита	HPROT	8	2-9, 13-20
ПЛАТА SERVICE			
Служебный интерфейс	SERVICE	1	11
УПРАВЛЯЮЩИЙ И ОБЩИЙ ИНТЕРФЕЙС			
Управляющий и общий I/F	CONGI	2	10, 12
ОПТИЧЕСКИЙ УСИЛИТЕЛЬ			
Усилитель оптический +10дБм	BST10	8	2-9, 13-20
Усилитель оптический +15дБм	BST15	8	2-9, 13-20
МОДУЛИ STM-1			
Эл. интерфейс 140/155	ICMI	64	-
Опт. интерфейс S-1.1 FC/PC (SC/PC)	IS-1.1		-
Опт. интерфейс L-1.1 FC/PC SC/PC	IL-1.1		-
Опт. интерфейс L-1.2 FC/PC SC/PC	IL-1.2		-

В оборудовании 1660 SM в основном используются те же платы, что и в оборудовании 1650 SMC. Ниже на рисунках представлены внешний вид плат, используемых исключительно в оборудовании 1660 SM.

Обобщенная структурная схема мультиплексора 1660 SM приведена на рисунке 4.23.

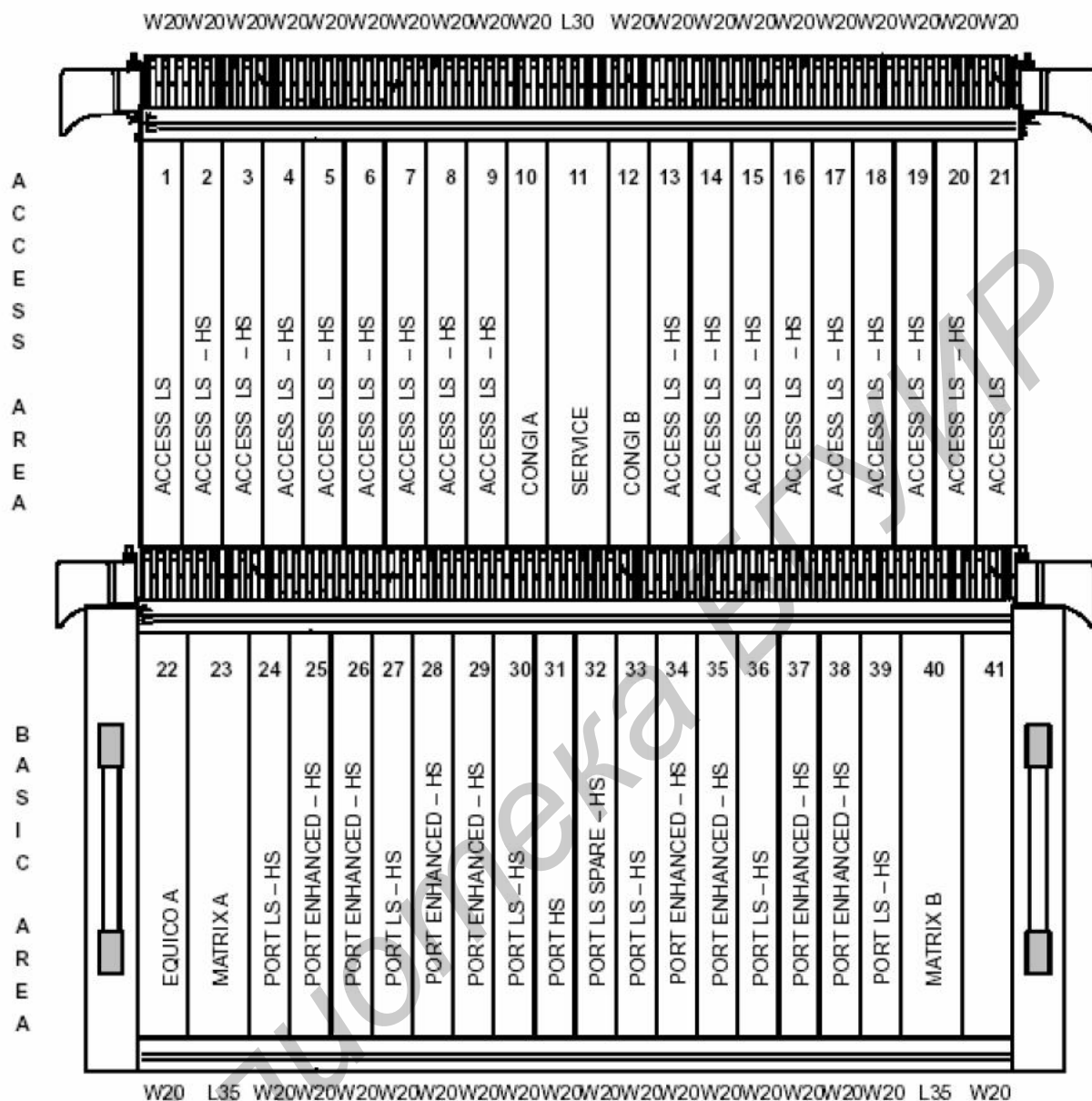
Ниже приведено описание плат, применяемых в оборудовании 1660 SM и отсутствующих в оборудовании 1650 SMC.

Добавочный оптический усилитель (BST10, BST15)

Блок добавочного усилителя повышает энергетический потенциал линии и используется при необходимости получения более протяженного регенерационного участка. В области доступа секции MS оборудования 1660SM может быть установлено до восьми блоков добавочного усилителя.

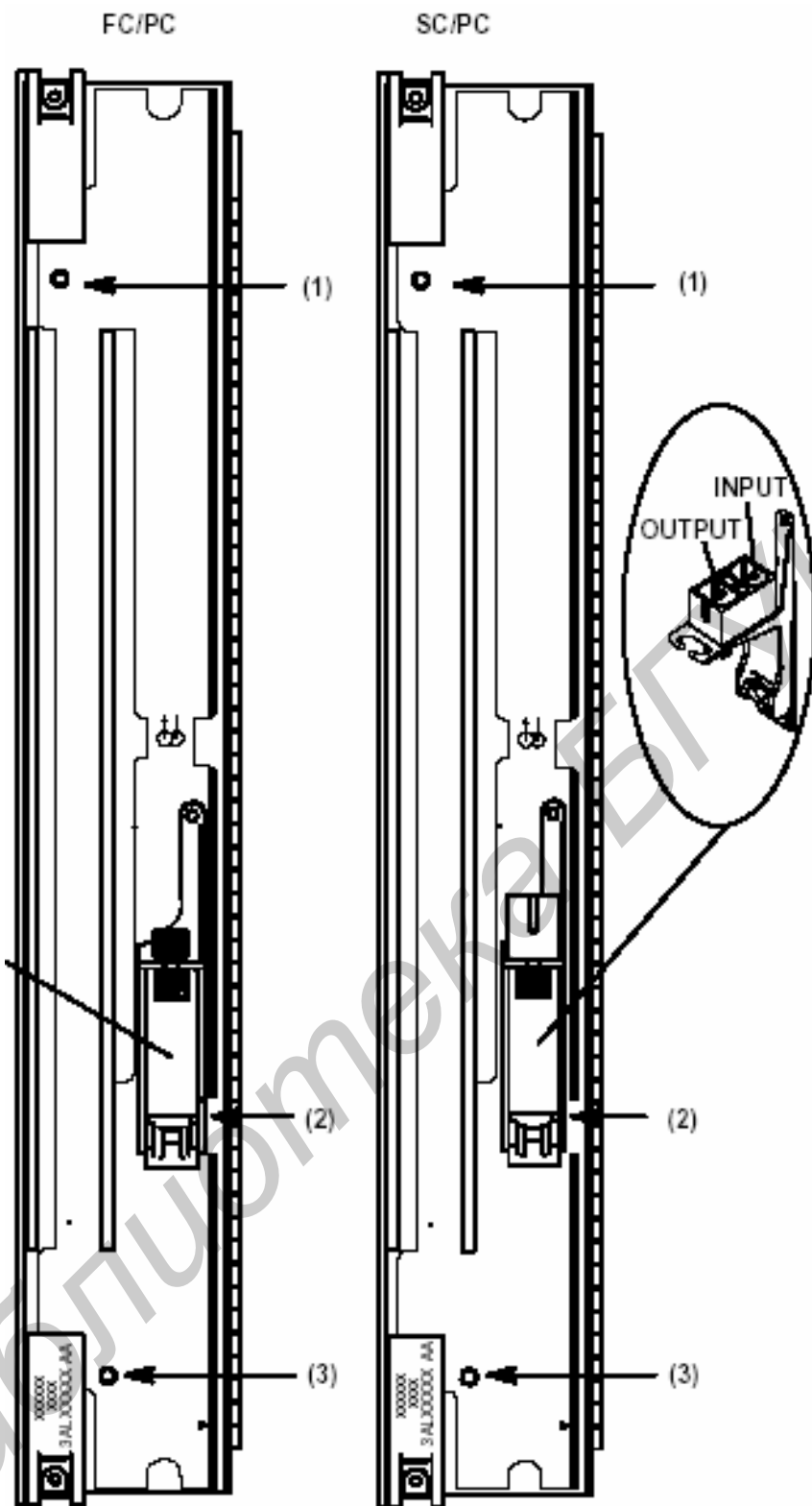
Добавочные усилители различаются значениями мощности выходного оптического сигнала: +10 дБм и +15 дБм (минимум), оптическими разъемами (FC/PC или SC/PC). Блок обеспечивает нерегенеративное прямое усиление

оптического сигнала (т.е. без какого-либо промежуточного оптического/электрического преобразования) в диапазоне 1550 нм.



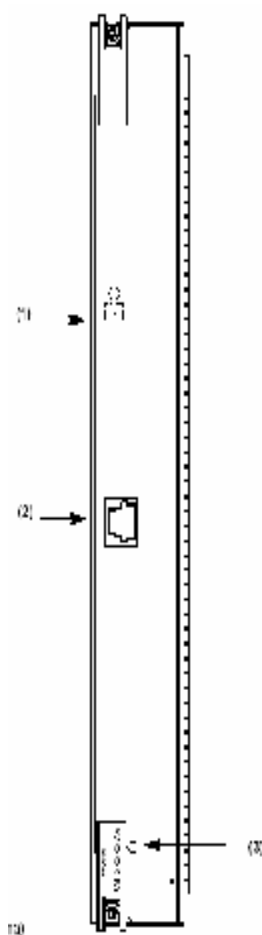
Access Area – область доступа, Basic Area – базовая область, Wmm – ширина в мм

Рисунок 4.17 – Размещение блоков оборудования 1660SM



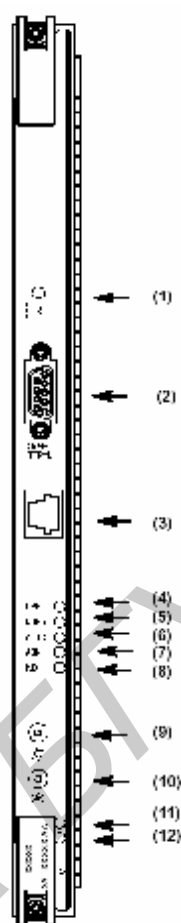
- (1) Кнопка перезапуска лазера;
- (2) канал 1;
- (3) ДСД

Рисунок 4.18 – Плата оптического порта STM-16



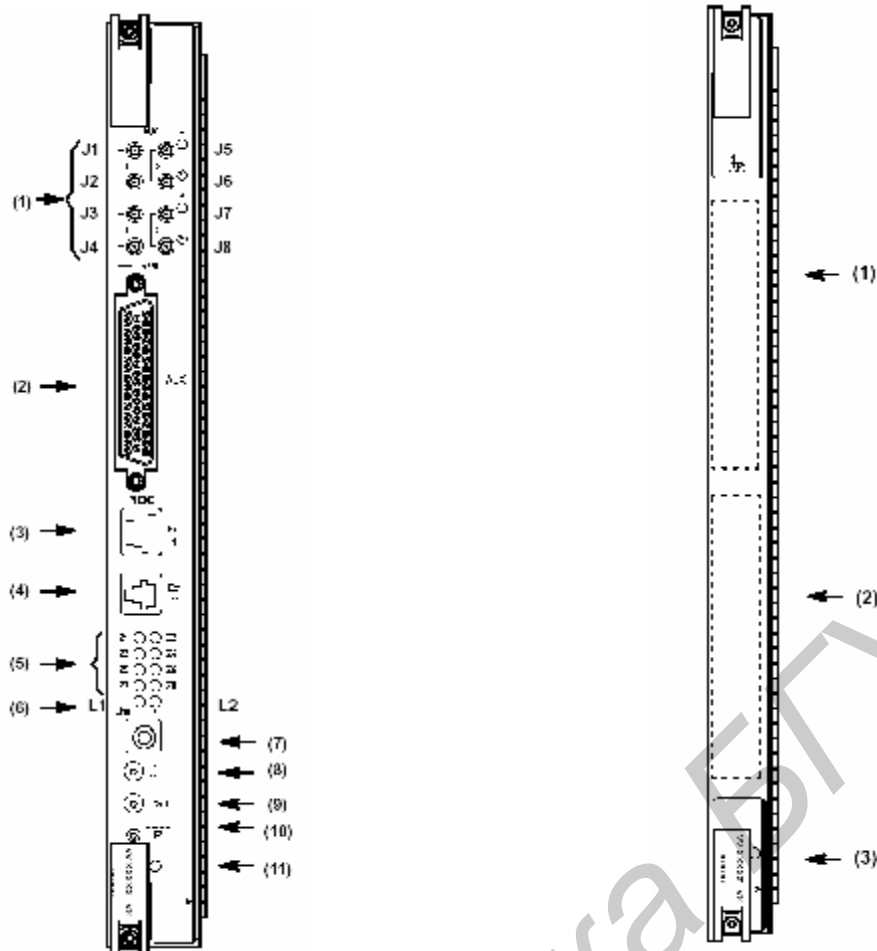
- (1) Командная кнопка перезапуска;
- (2) RJ45 используется только в заводских условиях;
- (3) МСД

Рисунок 4.19 – Плата матрицы MATRIXN



- (1) Командная кнопка перезапуска;
- (2) разъем для персонального компьютера (F-интерфейс);
- (3) RJ45 используется только в заводских условиях;
- (4) красный светодиод – срочный аварийный сигнал;
- (5) красный светодиод – несрочный аварийный сигнал (несущественный);
- (6) желтый светодиод – сохранение аварийного сигнала (дежурная авария);
- (7) желтый светодиод – ненормальное состояние;
- (8) желтый светодиод – индикативный аварийный сигнал (предупреждение);
- (9) кнопка тестирования лампочек;
- (10) кнопка сохранения аварийного сигнала (дежурная авария);
- (11) зеленый светодиод – если светодиод горит – блок активен;
- (12) ДСД

Рисунок 4.20 – Контроллер оборудования EQUICO



- (1) Дополнительные каналы I/O 2 Мбит/с G.703:
 J1 – выход 1 2 Мбит/с; J2 – вход 1 2 Мбит/с;
 J5 – выход 2 2 Мбит/с; J6 – вход 2 2 Мбит/с;
 синхронные интерфейсы I/O 2 МГц:
 J3 – выход 1 2 МГц; J4 – вход 1 2 МГц;
 J7 – выход 2 2 МГц; J8 – вход 2 2 МГц;
- (2) дополнительные каналы:
 4 канала RS-232; 4 канала V.11 64 Кбит/с;
 4 канала G.703 64 Кбит/с;
- (3) точка подключения телефона по четырехпроводной схеме (RJ45);
 (4) точка подключения телефона по четырехпроводной схеме (RJ11);
 (5) Z1-Z8 – светодиоды выбора зоны EOW (N.B.1);
 (6) L1-L2 – состояние светодиодов для селективных и мультиселективных вызовов
 (7) Телефонное гнездо;
 (8) Кнопка захвата линии;
 (9) Кнопка выбора зоны EOW;
 (10) Кнопка команды сброса;
 (11) ДСД

- (1) Канал 3 (N.B.);
 (2) канал 4 (N.B.);
 (3) ДСД

Рисунок 4.22 –
 Оптический/электрический
 адаптер платы доступа A2S1
 2x140/STM-1

Рисунок 4.21 – Интерфейс SERVICE

Оптический порт STM–16

Данное описание применимо для всех оптических портов STM–16 данного варианта изделия.

Оборудование 1660SM может содержать до четырех портов STM–16.

Эти блоки могут быть помечены буквами L и S, определяющими зависимость блоков от оптических компонентов, используемых для передачи на дальние (Long) или ближние (Short) расстояния. На переднюю панель блока выведены оптические разъемы для ввода/вывода сигналов блока. Блоки идентифицируются по типу используемого разъема.

Функции SDH, необходимые для управления сигналом STM–16, выполняются четырьмя матрицами GA, установленными на плате. Они взаимодействуют с двумя платами MATRIX посредством соединительной панели.

Еще одна GA (GA#5) содержит MUX/DEMUX и реализует функции шлейфа. Эта GA взаимодействует со стороной линии посредством одного потока 2488 Мбит/с и со стороной оборудования посредством четырех потоков 622 Мбит/с. Внутри GA#5 возможна реализация шлейфов двух типов: линейных и внутренних.

Плата MATRIX

Плата MATRIX выполняет следующие функции:

- соединения между портами;
- синхронизация оборудования;
- контроллер каркаса;
- сбор информации для мониторинга базовых параметров качества;
- подача питания;
- предоставление удаленной инвентаризационной информации.

Для платы MATRIX поддерживается конфигурация избыточности 1+1.

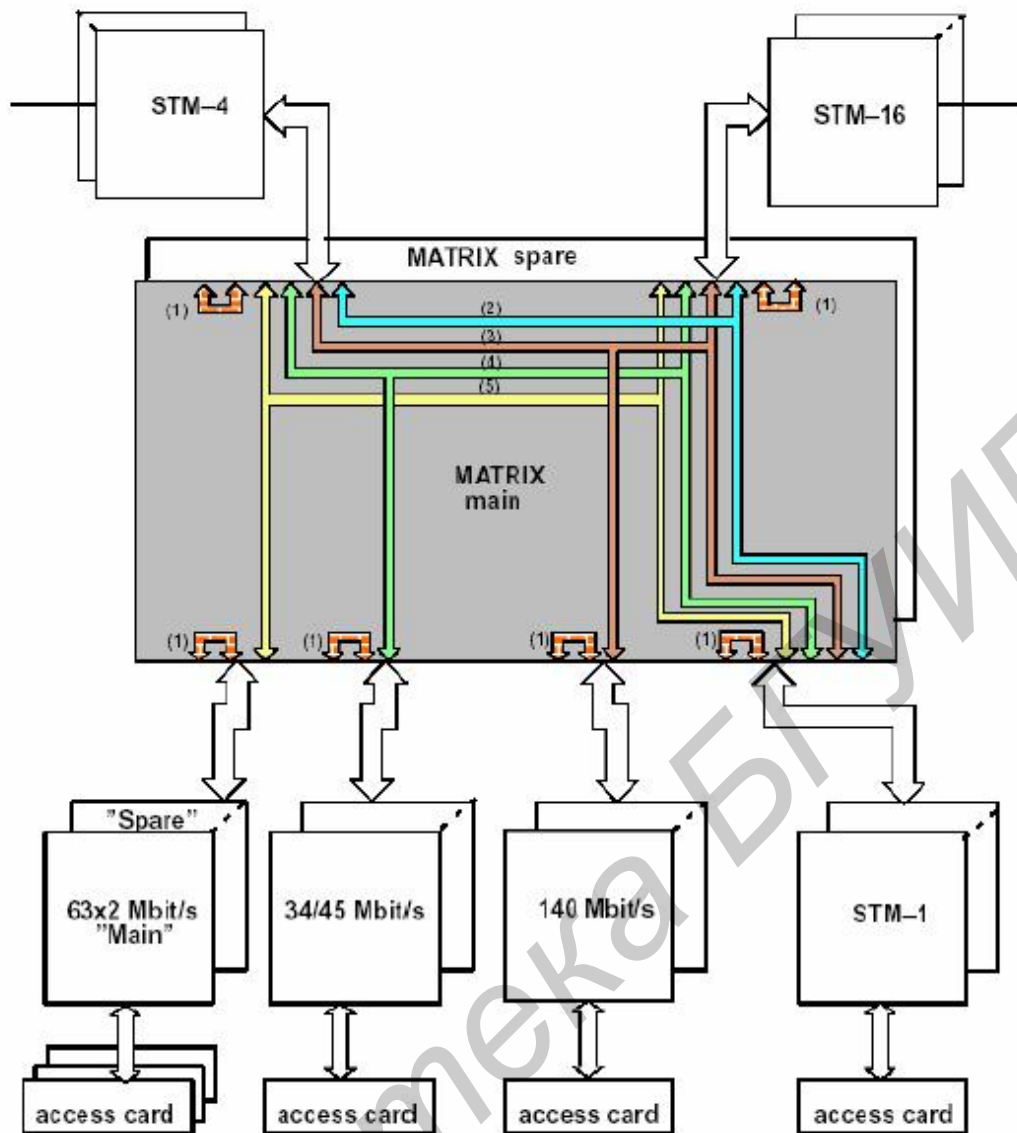
Плата CONGI

Блок выполняет следующие функции:

- источник питания;
- интерфейс QB3;
- служебный и удаленный аварийный сигнал;
- интерфейс Q2/RQ2.

В оборудовании 1660SM могут быть размещены две платы CONGI, называемые CONGI A основная (позиция 10) и CONGI B (позиция 12).

Эти платы не рассматриваются в качестве основной и резервной: каждая из них выполняет ряд функций. Для полного набора функций необходимо наличие обоих блоков. Плата CONGI A может использоваться отдельно, но в этом случае может поддерживаться только часть интерфейсов.



- (1) соединения 2 Мбит/с – 2 Мбит/с, соединения 34 Мбит/с – 34 Мбит/с, соединения 140 Мбит/с – 140 Мбит/с, 155 Мбит/с – 155 Мбит/с, STM-4 – STM-4, STM-16 – STM-16;
- (2) соединения STM-1 – STM-4/STM-16;
- (3) соединения 140 Мбит/с – STM-1/STM-4/STM-16;
- (4) соединения 34 или 45 Мбит/с – STM-1/STM-4/STM-16;
- (5) соединения 2 Мбит/с – STM-1/STM-4/STM-16

Рисунок 4.23 – Обобщенная структурная схема мультиплексора 1660 SM

Плата SERVICE

Плата SERVICE выполняет следующие функции:

- дополнительные каналы;
- канал служебной связи (EOW (Engineering Order Wire));
- управление входными/выходными тактовыми сигналами 2 МГц;
- питания для использования внутри платы.

Плата EQUICO

Этот блок 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.).

4.6 Оборудование мультиплексора SMA16/4

Мультиплексор SMA16/4 фирмы Siemens является новым поколением синхронного мультиплексора технологии SDH, выполняющим мультиплексирование трибутарных сигналов PDH и SDH в агрегатный сигнал уровня STM-16. Продукт состоит из общих модулей аппаратно-программного обеспечения для сетевых приложений STM-1, STM-4 и STM-16.

Мультиплексор SMA16/4 обладает высокой степенью гибкости: он может использоваться как мультиплексор вставки/выделения, как местный кросс-коннектор или как обычный линейный терминал.

Мультиплексор SMA16/4 предлагает гибкое оснащение трибутарных интерфейсов в пределах от 2 Мбит/с PDH до оптических и электрических стыков STM-1 и оптических стыков STM-4 синхронной цифровой иерархии. Оборудование может вмещать ряд трибутарных съемных модулей, обеспечивающих 100-процентный ввод/выделение через неблокирующую матрицу коммутации с эффективной ёмкостью в 64 эквивалентов STM-1 (или 4032 TU-12). Возможны выделение и вставка на всех уровнях VC (VC-4, VC-3 и VC-12).

Одной из основных характеристик SMA16/4 является общая платформа аппаратно-программного обеспечения, позволяющая без ограничений выполнять ввод/выделение сигналов, передаваемых со скоростью 2 Мбит/с (VC-12), непосредственно из линейных сигналов STM-1, STM-4 и STM-16. В SMA16/4 имеется возможность выделения до 252 портов (по 2 Мбит/с) (42 порта на модуль) с возможностью резервирования трибутарных модулей 1:N.

Основные характеристики оборудования:

- оптические линейные интерфейсы STM-16 для применения в волоконно-оптических линиях в соответствии с Рекомендациями ITU-T G.692;
- трибутарные электрические интерфейсы со скоростью передачи 2, 34, 45 и 140 Мбит/с, оптические и электрические интерфейсы STM-1, Ethernet 10/100 Base T, Ethernet 100, а также оптические интерфейсы STM-4;
- емкость матрицы кросс-коммутации 64×STM-1 эквивалентов на уровне AU-4, TU-3, -2, -12;
- функция ввода/выделения до 32×STM-1 портов SDH и до 252×2 Мбит/с портов PDH;
- возможность создания неблокируемых соединений линия–линия, линия–триб и триб–триб;

- кольцевое соединение для колец на стороне линии и триба;
- система защиты трафика, включая:
 - 1+1 защиту секции мультиплексора для линейных и оптических трибутарных интерфейсов,
 - 2-волоконное защитное переключение MS-SPRing для линейных и трибутарных сигналов STM-16, STM-4 в конфигурациях самовосстанавливающегося кольца,
 - SNCP (защита тракта передачи), включая «Drop & continue»;
 - защиту оборудования:
 - 1:1 защиту модулей для всех оптических интерфейсов вместе с защитой секции мультиплексора (переключение модулей),
 - 1+1 защиту модулей для трибутарных интерфейсов 34/45 Мбит/с,
 - 1:n (n = 1...3) защиту модулей для электрических интерфейсов E4/STM-1,
 - 1:n (n = 1...6) защиту модулей для трибутарных интерфейсов 2 Мбит/с,
 - опциональное резервирование модулей коммутации и синхронизации,
 - распределенные встроенные вторичные источники питания.
- автоматическое выключение лазера в соответствии с рекомендациями ITU-T G.958;
- возможность загрузки ПО во все соответствующие модули системы;
- поддержку служебной связи (EOW) и служебных каналов передачи данных (V.11, G.703);
- мониторинг параметров на всех сигнальных уровнях.

Оборудование SMA16/4 фирмы Siemens представляет собой мультиплексор ввода/вывода STM-16, который также может использоваться в сетевых приложениях STM-4 и STM-1, с возможностью осуществлять коммутацию сигналов на уровнях VC-4, VC-3 и VC-12. Матрица коммутации состоит из двух модулей: SN-64 и IPU-16. Для повышения живучести системы применяется дублирование этих модулей. Модуль SN-64, кроме этого, выполняет роль модуля синхронизации и обеспечивает распределение синхросигнала внутри сетевого элемента.

Модуль контроллера SCU-R2E.16 позволяет осуществлять контроль и мониторинг сетевого элемента SMA16/4. Все данные системы управления обрабатываются модулем контроллера.

Линейные оптические модули OIS-4D поддерживают электро-оптические преобразования линейного сигнала.

Трибутарные оптические модули уровня STM-4 имеют один оптический порт, а STM-1 – четыре оптических порта.

SMA16/4 поддерживает несколько Ethernet интерфейсов – четырех-портовый модуль BaseT (2 порта упаковываются в VC-12, два порта в VC-3) и однопортовый модуль Ethernet 100 (порт упаковывается в VC-4).

Модуль оптический STM-16 OIS 16D

Для передачи оптических сигналов STM-16 (2,5 Гбит/с) имеется ряд интерфейсов для различных диапазонов и приложений. На модуле OIS16D имеется один двунаправленный порт, т.е. приемник и передатчик. Можно установить максимум 4 модуля, что обеспечило бы максимум 4 порта STM-16.

Модуль оптического интерфейса STM-16 OIS16D удовлетворяет требования к рабочим характеристикам Рекомендаций ITU-T G.957. Модуль используется как линейный интерфейс STM-16. Модуль контролирует следующие параметры: температуру передатчика и приемника, оптические входную и выходную мощности, ток смещения, ток модуляции и длину волны излучения лазера. Контроль этих параметров осуществляется встроенным микропроцессором PCU, данные передаются в модуль контроля и управления.

После оптико-электрического преобразования входящий сигнал STM-16 дешифруется и демультиплексируется на уровень VC-4, извлекается секционный заголовок. Все служебные байты трафика (например, B1, B2, J0, K1, K2, Pointer) обрабатываются. Затем сигналы VC-4 передаются в рабочий и резервный (если таковой имеется) внутренний процессор IPU16 для дальнейшей обработки.

В направлении передачи осуществляются обратные преобразования.

На лицевой стороне модуля находится стандартный оптический коннектор типа FC-PC.

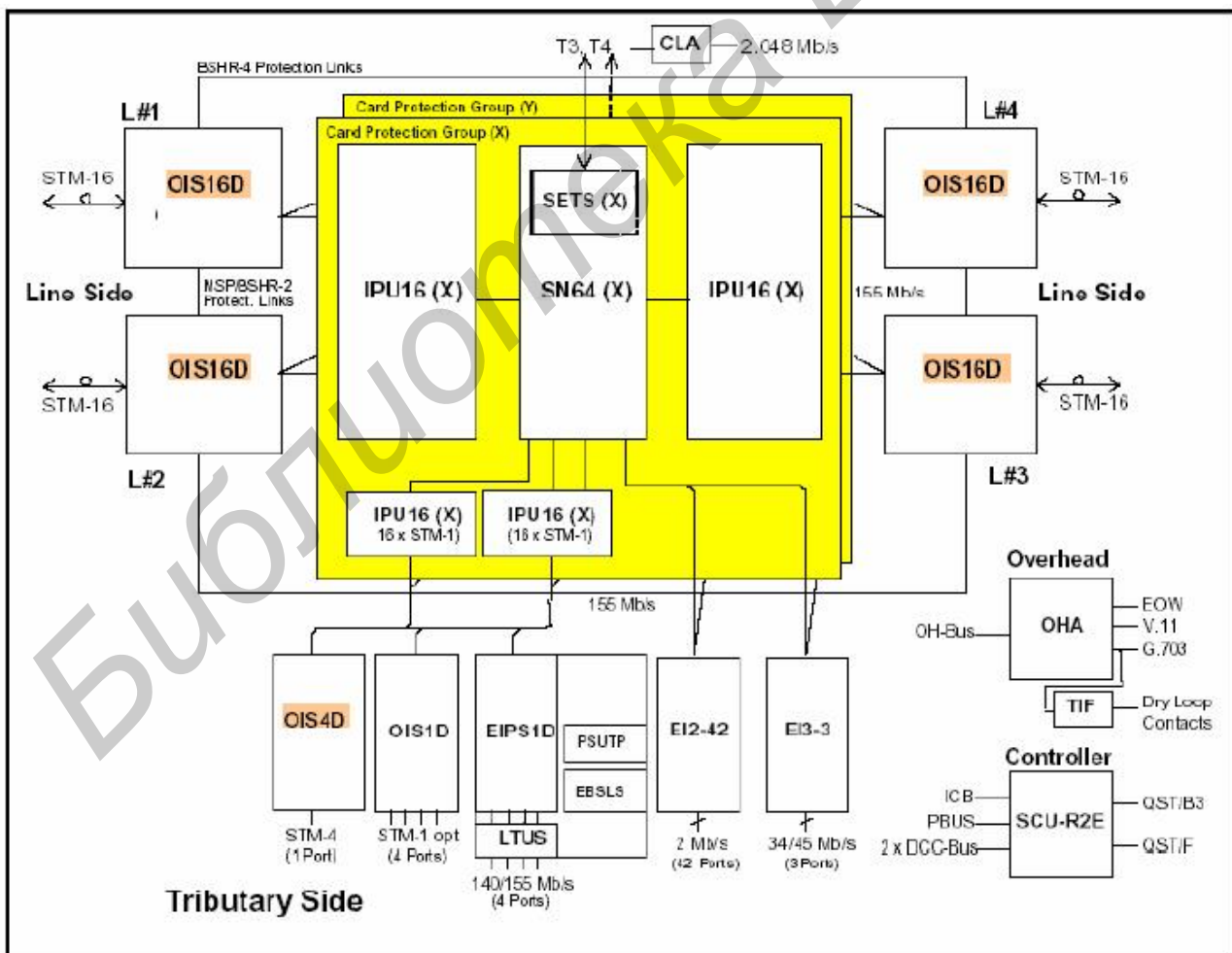


Рисунок 4.24 – Структурная схема мультиплексора SMA16/4

Модуль оптический STM-4 OIS 4D

Для передачи оптических сигналов STM-4 (622 Мбит/с) имеется ряд интерфейсов различных классов применения (S 4.1, L 4.1, L 4.2, JE 4.2). На модуле OIS 4D имеется один двунаправленный порт, т.е. приемник и передатчик. Можно установить максимум 8 модулей.

Модуль оптический STM-4 OIS 4D соответствует требованиям ITU-T G.957. Он используется в качестве линейного интерфейса STM-4. Остальные функции аналогичны описанным выше. На лицевой стороне модуля находится стандартный оптический коннектор типа FC-PC.

Модуль оптический 4xSTM-1 OIS 1D

Для передачи оптических сигналов STM-1 (155 Мбит/с) имеется ряд интерфейсов различных классов применения (L 1.1, L 1.2). На модуле OIS1D установлено четыре двунаправленных порта, т.е. 4 приемника и 4 передатчика. Можно установить максимум 8 модулей, что обеспечит до 32 оптических портов STM-1.

Модуль оптический 4xSTM-1 OIS 1D соответствует Рекомендациям ITU-T G.957. Модуль OIS 1D используется для обработки трибутарных сигналов STM-1. Можно сконфигурировать обе контрольные функции HPOM и HSUM для наблюдения за принимаемыми задействованными сигналами VC-4 и контрольными незадействованными сигналами VC-4 соответственно.

Обработка в модуле OIS 1D включает преобразование сигналов из оптических в электрические, шифрование и дешифровка сигналов, защиту секции мультиплексора, функции адаптации и контроля.

В модуле обрабатываются все секционные и заголовочные байты (например B1, B2, J0, K1, K2, Pointer). Весь контроль модуля осуществляется встроенным контроллером периферийных устройств. На лицевой стороне модуля находится стандартный оптический коннектор типа FC-PC.

Модуль электрический 4xSTM-1/140 M EIPS 1D

Для передачи электрических сигналов STM-1 (155 Мбит/с, SDH) и плезиохронных сигналов 140 Мбит/с (PDH) имеется общий интерфейсный модуль, на котором находятся 4 двунаправленных порта, т.е. 4 приемника и 4 передатчика. Каждый порт в модуле можно сконфигурировать для работы в качестве электрического STM-1 или порта 140 Мбит/с. Можно установить максимум 8 модулей, что обеспечивает до 32 рабочих электрических портов STM-1/140 Мбит/с.

Можно активизировать группу с резервированием трибутарных модулей 1:n, n = 1, 2, 3. Для активизирования защиты данных модулей на каждую группу защиты необходимо установить модуль EBSLS и один модуль PSUTP на источник питания. В данной конфигурации можно установить до 24 рабочих портов STM-1/ 140 Мбит/с.

Входящий сигнал регенерируется, дешифруется, извлекается заголовок. В модуле обрабатываются все секционные и заголовочные байты (например, B1, B2, J0, K1, K2, Pointer: B3, J1, C2).

Сигналы VC-4 передаются на рабочий и резервный (если таковой имеется) модуль IPU16 для обработки сигналов низшего порядка.

В направлении передачи осуществляются обратные преобразования.

Все управление и контроль осуществляется с помощью встроенного контроллера периферийных устройств.

Модуль трибутарный 3 34/45M EI3-3

Для передачи плезиохронных сигналов 34 и 45 Мбит/с (PDH) используется трибутарный модуль EI3-3, на котором находятся три двунаправленных порта, т.е. три приемника и три передатчика. Каждый порт можно сконфигурировать для работы в качестве электрического порта 34 Мбит/с или 45 Мбит/с. Можно установить до 6 модулей, что обеспечивает максимально 18 портов для сигналов PDH 34 или 45 Мбит/с. До трех групп можно организовать защиту модуля 1+1.

Сигналы 34 Мбит/с принимаются с C-3 и передаются как трибутарный сигнал.

Поддерживается обработка закодированных стандартных сигналов 34 Мбит/с HDB3 в соответствии с Рекомендациями ITU-T G.751, а также закодированных нетиповых сигналов HDB3 34 Мбит/с (например видеосигналов).

Модуль трибутарный 42 2M EI2-42

Для передачи плезиохронных сигналов 2 Мбит/с используется трибутарный модуль EI2-42. В модуле имеется 42 двунаправленных порта, т.е. 42 приемника и 42 передатчика. Можно установить до 6 модулей, что обеспечит максимум 252 порта для передачи плезиохронных сигналов 2 Мбит/с. В дополнение к этому в выделенный слот можно установить резервный модуль EI2-42 для обеспечения защиты модулей 1:N (N = 6).

Возможны следующие функции и режимы:

- асинхронное преобразование/обратное преобразование сигнала 2 Мбит/с в сигнал VC-12 (плавающий режим);
- обеспечение тактового генератора 8 кГц для источника синхронизации синхронного оборудования SETS.

Режимы интерфейса 2 Мбит/с:

- прозрачный режим;
- структурированный режим.

Модуль коммутации SN64

Мультиплексор SMA16/4 обеспечивает функции ввода/вывода для 64 эквивалентов STM-1 благодаря неблокируемой матрице коммутации. Коммутацию возможно осуществлять на уровнях VC-4, VC-3, VC-12. Возможны соединения линия–линия, линия–триб, триб–триб.

Модуль коммутации SN64 выполняет маршрутизацию сигналов VC-12 в контейнеры VC-4 между интерфейсами трафика. При необходимости можно осуществить резервирование 1+1. Поддерживаются однонаправленные и двунаправленные соединения, а также транслирование и ввод/вывод трафика.

При наличии резервного модуля SN64 автоматическое переключение на защитный модуль происходит в случае неисправности рабочего модуля SN64.

Все наблюдение, конфигурирование и контроль осуществляется встроенным контроллером периферийных устройств.

В модуле SN64 находится источник синхронизации синхронного оборудования (SETS). Он синхронизирует систему либо с уровня N синхронного транспортного модуля (T1), либо с сигнала 2 Мбит/с (T2), либо с одного или двух тактовых генераторов 2,048 МГц (T3) (или 2,048 Мбит/с через внешний адаптер синхронизатора). В случае неисправности источника синхронизации внутренний системный тактовый генератор используется в режиме удержания или свободного хода с соответствующей точностью (лучше, чем $\pm 4,6$ ppm).

Выбор источника синхронизации осуществляется в соответствии с уровнем качества и списком приоритетов пользователя в автоматическом или ручном режиме либо местным/сетевым терминалом пользователя, либо системой управления сетью. Поддерживается управление байтом сообщения о состоянии синхронизации S1 (индикатор синхронизации).

Можно создать резервное аппаратное обеспечение синхронизации путем установки защитного модуля SN64. Тогда любая неисправность при генерировании сигнала T0 внутреннего системного синхронизатора приведет к автоматическому переключению на защитный источник синхронизации. Такое переключение не является бесконтактным и вызывает кратковременное (измеряемое в микросекундах) нарушение сигнала в линии передачи и трибутарных сигналах.

В случае использования защиты модуля коммутации 1+1 резервирование всех связанных между собой модулей IPU16 является обязательным.

Адаптер синхронизатора T3/T4 (CLA) представляет собой внешний модуль, устанавливаемый в верхней части стойки, содержащий 3 не зависимых друг от друга двунаправленных канала адаптации синхросигнала. Каждый адаптационный канал можно использовать для преобразования сигнала 2048 кбит/с в 2048 кГц синхросигнал T3 и с 2048 кГц в 2048 Кбит/с синхросигнал T4 сетевого элемента.

Модуль внутреннего процессора IPU16

Модуль внутреннего процессора IPU16 представляет собой модуль, выполняющий всю обработку сигналов для трактов более низкого уровня VC-12 и VC-3, а также для тракта более высокого уровня VC-4. Для этой цели используются восемь высоко интегрированных специализированных интегральных схем последних технологий. Каждая схема обрабатывает два эквивалента STM-1. Поэтому один модуль IPU16 обеспечивает соединение и обработку 16 STM-1.

Модуль IPU16 также поддерживает резервирование модуля. Для организации защиты необходимо установить дополнительный модуль IPU16. Также поддерживаются механизмы защиты секции мультиплексора и

двунаправленного самовосстанавливающегося кольца, а также защита интерфейсных модулей.

Максимально можно установить 8 модулей IPU-16.

Модуль служебной связи ОНА

Для поддержки служебных линий и служебных каналов передачи данных (V.11, G.703) имеется модуль служебной связи ОНА, обеспечивающий универсальный доступ к секционному заголовку и служебной информации и гибкие функции ОНХ.

Модуль ОНА обрабатывает и перекрестно соединяет заголовочные байты, обеспечивая пользователю доступ к байтам и служебную связь. Модуль обеспечивает доступ и пропускную способность байтов секционного заголовка линии и трибутарных интерфейсов. Модуль принимает эти байты по внутренней системной шине ОН-Bus.

Встроенный процессор обеспечивает соединения в двух направлениях между извлекаемыми байтами заголовка с любого интерфейса STM-N на стороне линии или триба. Также обеспечивается маршрутизация байтов заголовка на интерфейсы вспомогательного канала. К этим каналам имеется доступ с поля соединителя в верхней части кассеты.

Модуль ОНА обеспечивает служебный доступ ко всем интерфейсам STM-N. В случае защиты сектора мультиплексора 1+1 секционный заголовок RSON посылается отдельно на каждую линию, а секционный заголовок MSON транслируется и на рабочие, и на защитные линии.

Оснащение мультиплексора SMA16/4

Возможности доступа к линии и трибу связаны с возможностью перекрестного соединения матрицы коммутации (плата SN64) и с ограничениями внутреннего трафика. Для оснащения четырех линейных слотов L#1–L#4 платам STM-16 (OIS16D) необходимо обеспечить количество каналов AU-4 для передачи рабочего трафика, не превышающее 32.

Поддерживаются следующие комбинации плат OIS16D при соблюдении правил:

- плата OIS16D в «рабочем» состоянии распределяет 16 каналов AU-4;
- плата OIS16D в режиме «защита MS» распределяет 0 каналов AU-4 (дополнительный трафик не обеспечивается);
- плата OIS16D в режиме «BSHR-2 запад или восток» распределяет 8 каналов AU-4 (дополнительный трафик не обеспечивается).

Синхронизация

Схема синхронизации расположена на модуле коммутации SN64. В целях увеличения живучести системы связи возможна организация защиты 1+1 путем установки в мультиплексор дополнительного модуля SN64. Обратите внимание, что защитное переключение T0-clock в любом случае будет бесконтактным.

Мультиплексор SMA16/4 использует четыре типа источников синхронизации:

- любой принимаемый линейный (STM-16) или трибутарный (STM-4/STM-1) сигнал (через внутреннюю шину T1);
- любой принимаемый сигнал PDH 2 Мбит/с (через внутреннюю шину T2);
- сигнал внешнего источника синхронизации 2,048 кГц в соответствии с рекомендацией G.703, качеством G.811 или G.812 (через внешнее устройство T3);
- сигнал внешнего источника синхронизации 2,048 Мбит/с (на T3 через преобразователь 2,048 Мбит/с в 2,048 кГц);
- внутренний генератор для режима удержания (точность более $\pm 4,6$ ppm).

Функции:

- поддержка обработки сообщений о состоянии синхронизации (SSM байт S1) на всех линейных или трибутарных интерфейсах STM-N;
- обеспечение механизма автоматического выбора путем оценки качества и приоритета источников синхронизации T0/T4;
- обеспечение вынужденного режима (выбор одного источника синхронизации для T0/T4);
- создание списка приоритетов (до 6 источников синхронизации: 2×T3, 2×T1/T2, 2×T1) для использования потенциальных источников синхронизации с целью подключения внутреннего системного тактового генератора T0;
- создание списка приоритетов (до 4 источников синхронизации: 2×T1/T2, 2×T1) для использования потенциальных источников синхронизации с целью формирования выходного сигнала тактового генератора T4;
- обратное восстановление источников синхронизации с конфигурируемыми периодами ожидания восстановления;
- два независимых списка приоритетов для T0 и T4.

В кассете находятся два ряда для съемных модулей. Слоты для установки различных гибких модулей пронумерованы с 401 по 417 в верхнем ряду и с 501 по 512 в нижнем ряду. На рисунке 4.25 показано отношение между модулями IPU16 и соответствующими линейными и трибутарными слотами. Как видно из таблицы, для работы линейных модулей всегда необходимы два рабочих модуля IPU16 (черные точки в нижнем ряду).

В зоне коммутации слоты для монтажа с 201 по 206 зарезервированы для подключения 2/34/45 Мбит/с (соединители SIPAC), а слоты 207–214 предназначены для установки LTUS в случае использования электрических сигналов 140/155 Мбит/с. Доступ ко всем внешним соединителям осуществляется с передней панели. Позиции 210, 214 (для EBSLS) и 215 (для PSUTP) предназначены для двух групп защиты плат EIPS1D.

201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215		
2 Mb/s 34 Mb/s 45 Mb/s connect	2 Mb/s 34 Mb/s 45 Mb/s connect	2 Mb/s 34 Mb/s 45 Mb/s connect.	2 Mb/s 34 Mb/s 45 Mb/s connect.	2 Mb/s 34 Mb/s 45 Mb/s connect.	2 Mb/s 34 Mb/s 45 Mb/s connect.	LTUS	LTUS	LTUS	LTUS or EBSLS	LTUS	LTUS	LTUS	LTUS or EBSLS	PSUTP		
						Service and Control Interface Area (SUB-D Connectors)										
401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417
EI2-42P	EI2-42 EI3-3	EI2-42 EI3-3	EI2-42 EI3-3	EI2-42 EI3-3 EIPS1D OIS1D OIS4*	EI2-42 EI3-3 EIPS1D OIS1D OIS4*	IPU16 #3 W	IPU16 #3 P	IPU16 #4 W	IPU16 #4 P	EI2-42 EI3-3 EIPS1D OIS1D OIS4*	EIPS1D OIS1D OIS4*	EIPS1D OIS1D OIS4*	EIPS1D OIS1D OIS4*	EIPS1D OIS1D OIS4*	EIPS1D OIS1D OIS4*	OHA
OBD OPD	OBD OPD	OBD OPD	OBD OPD	OBD OPD	OBD OPD					OBD OPD	OBD OPD	OBD OPD	OBD OPD	OBD OPD	OBD OPD	
P-LBT	LBT	LBT	LBT	LBT HBT	LBT HBT					LBT HBT	(P-)HBT	HBT	HBT	HBT	(P-)HBT	
501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512					
OIS16* L#1	OIS16* L#2	IPU16 #1 W	IPU16 #1 P	SN64-W	SN64-P	IPU16 #2 W	IPU16 #2 P	OIS16* L#3	OIS16* L#4	SCU- R2E	MIB #1					
Working West	Protection East Working							Working West	Protection East Working		60T					
X	X							X	X		MIB #2					

Рисунок 4.25 – Распределение плат в cassette SMA16/4

5 ВЫБОР ОПТИЧЕСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ

5.1 Параметры оптических интерфейсов

При выборе типа устанавливаемого в синхронном мультиплексоре оптического оборудования необходимо учитывать, что оно обеспечивает определенные параметры в соответствии с тем или иным оптическим интерфейсом.

Классификация оптических интерфейсов и их параметры приведены в таблицах 5.1–5.4.

Таблица 5.1 – Классификация оптических интерфейсов, основанных на кодах применения

Применение		Внутристанционные	Межстанционные				
			короткие		длинные		
Номинальная длина волны, нм		1310	1310	1550	1310	1550	
Тип ОВ в соотв. с рекомендацией		G.652	G652	G652	G652	G652, G654	G653
Длина секции, км*		~2	~15		~40	~80	
Уровень STM	STM-1	I-1	S-1.1	S-1.2	L-1.1	L-1.2	L-1.3
	STM-4	I-4	S-4.1	S-4.2	L-4.1	L-4.2	L-4.3
	STM-16	I-16	S-16.1	S-16.2	L-16.1	L-16.2	L-16.3

* Данные использованы для классификации, а не в качестве технических требований

На рисунке 5.1 представлена структурная схема тракта, в соответствии с которой определяются параметры того или иного оптического интерфейса.

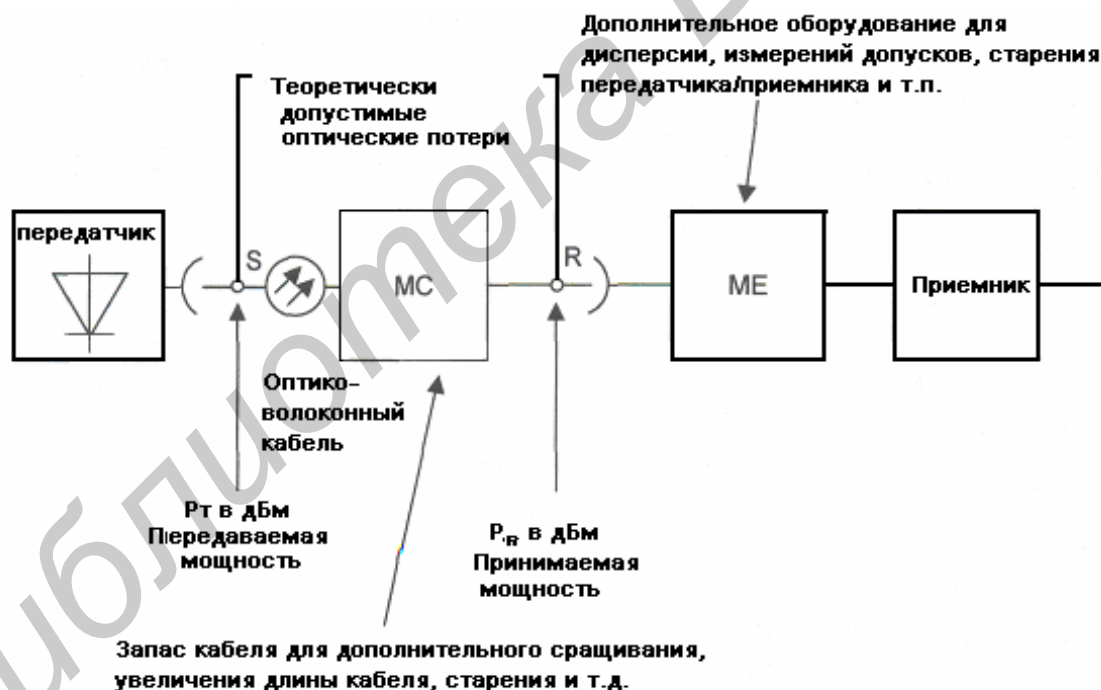


Рисунок 5.1 – Структурная схема оптического линейного тракта

Таблица 5.2 – Параметры оптических интерфейсов STM-1, номинальная скорость 155 520 кбит/с

Параметр	Значение									
	I-1		S-1.1	S-1.2		L-1.1		L-1.2	L-1.3	
Коды применения	I-1		S-1.1	S-1.2		L-1.1		L-1.2	L-1.3	
Рабочая длина волны, нм	1260 -1360		1261-1360	1430-1576	1430-1580	1280-1335		1480-1580	1534-1566	1480-1580
Передатчик в точке S										
Тип излучателя	MLM	LED	MLM	MLM	SLM	MLM	SLM	SLM	MLM	SLM
Спектральные характеристики:										
– максимальная среднечастотная ширина, нм	40	80	7,7	2,5	-	4	-	-	3/2.5	-
– максимальная полоса на уровне минус 20 дБ, нм	-	-	-	-	1	-	1	1	-	1
– минимальное подавление боковых мод, дБ	-	-	-	-	30	-	30	30	-	30
Средняя излучаемая мощность:										
– максимальная, дБм	-8		-8	-8		0		0	0	
– минимальная, дБм	-15		-15	-15		-5		-5	-5	
Минимальное значение коэффициента гашения, дБ	8,2		8,2	8,2		10		10	10	
Оптический тракт между точками S и R										
Затухание, дБ	0-7		0-12	0-12		10-28		10-28	10-28	
Максимальная дисперсия, пс/нм	18	25	96	296	NA	185	NA	NA	246/296	NA
Минимальные оптические потери в кабеле в точке S, дБ	NA*		NA	NA		NA		-20	NA	
Максимальная дискретная отражаемость между S и R, дБ	NA		NA	NA		NA		-25	NA	
Приемник в точке R										
Минимальная чувствительность, дБм	-23		-28	-28		-34		-34	-34	
Минимальная перегрузка, дБм	-8		-8	-8		-10		-10	-10	
Максимальные добавочные потери оптического тракта, дБ	1		1	1		1		1	1	
Максимальный коэффициент отражения приемника в точке R, дБ	NA		NA	NA		NA		-25	NA	
NA – Значение не определено										

Таблица 5.3 – Параметры оптических интерфейсов STM-4, номинальная скорость 622 080 кбит/с

Параметр	Значение						
	I-4	S-4.1	S-4.2	L-4.1	L-4.2	L-4.3	
Коды применения	I-4	S-4.1	S-4.2	L-4.1	L-4.2	L-4.3	
Диапазон рабочих длин волн, нм	1261-1360	1293-1334/ 1274-1356	1430- 1580	1300-1325/ 1296-1330	1280-1335	1480-1580	1480-1580
Передатчик в контрольной точке S							
Тип источника	MLM	LED	MLM	SLM	MLM	SLM	SLM
Спектральные характеристики:							
– максимальная среднекв. ширина, нм	14,5	35	4/2,5	-	2,0/1,7	-	-
– максимальная ширина по уровню минус 20 дБ, нм	-	-	-	1	-	1	< 1
– минимальное подавление боковых мод, дБ	-	-	-	30	-	30	30
Средняя излучаемая мощность:							
– максимальная, дБм	-8	-8	-8	+2	+2	+2	+2
– минимальная, дБм	-15	-15	-15	-3	-3	-3	-3
Минимальный коэффициент гашения, дБ	8,2	8,2	8,2	10	10	10	10
Оптический тракт между точками S и R							
Диапазон ослабления, дБ	0-7	0-12	0-12	10-24	10-24	10-24	10-24
Максимальная дисперсия, пс/нм	13	14	46/74	NA	92/109	NA	NA
Минимальные обратные оптические потери в кабеле и в точке S, включая любые разъемы и соединения, дБ	NA	NA	24	20	24	20	20
Максимальный дискретный коэффициент отражения между точками S и R, дБ	NA	NA	-27	-25	-27	-25	-25
Приемник в контрольной точке R							
Минимальная чувствительность, дБм	-23	-28	-28	-28	-28	-28	-28
Минимальная перегрузка, дБм	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8
Максимальный дефект оптического пути, дБ	1	1	1	1	1	1	1
Максимальная отражающая способность приемников, измеренная в точке R, дБ	NA	NA	-27	-14	-27	-14	-14

Таблица 5.4 – Параметры оптических интерфейсов STM-16, номинальная скорость 2 488 320 кбит/с

Параметр	Значение					
	I-16	S-16.1	S-16.2	L-16.1	L-16.2	L-16.3
Коды применения	I-16	S-16.1	S-16.2	L-16.1	L-16.2	L-16.3
Диапазон рабочих длин волн, нм	1266*-1360	1260*-1360	1430-1580	1280-1335	1500-1580	1500-1580
Передатчик в контрольной точке S						
Тип источника	MLM	SLM	SLM	SLM	SLM	SLM
Спектральные характеристики:						
– максимальная среднеквадратичная ширина, нм	4	–	–	–	–	–
– максимальная ширина по уровню минус 20 дБ, нм	–	1	< 1	1	< 1	< 1
– минимальное подавление боковых мод, дБ	–	30	30	30	30	30
Средняя введенная мощность:						
– максимальная, дБм	-3	0	0	+3	+3	+3
– минимальная, дБм	-10	-5	-5	-2	-2	-2
Минимальный коэффициент гашения, дБ	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2
Оптический путь между S и R						
Вносимое затухание, дБ	0-7	0-12	0-12	12-24	12-24	12-24
Максимальная дисперсия, пс/нм	12	NA	420-800	NA	1200-1600	450
Минимальные обратные оптические потери в кабеле в точке S, включая любые разъемы и соединения, дБ	24	24	24	24	24	24
Максимальный дискретный коэффициент отражения между S и R, дБ	-27	-27	-27	-27	-27	-27
Приемник в контрольной точке R						
Минимальная чувствительность, дБм	-18	-18	-18	-27	-28	-27
Минимальная перегрузка, дБм	-3	0	0	-9	-9	-9
Максимальный дефект оптического пути, дБ	1	1	1	1	2	1
Максимальная отражающая способность приемников, измеренная в точке R, дБ	-27	-27	-27	-27	-27	-27

* В некоторых документах требования ограничиваются пределом 1270 nm

Результаты выбора оптических интерфейсов для каждого сегмента сети должны быть представлены в виде таблицы 5.5.

Таблица 5.5 – Тип оптического интерфейса между мультиплексорами SDH

Сегмент сети	Тип оптического интерфейса	Допустимое затухание, дБ	Допустимая дисперсия, пс

5.2 Расчет возможной протяженности участка регенерации

Для расчета протяженности участка регенерации для выбранного оптического интерфейса и выявления сегментов сети, на которых необходима установка или регенераторов, или оптических усилителей, может быть использована следующая методика.

Длина регенерационного участка (РУ) цифровой волоконно-оптической системы передачи зависит от ряда факторов, важнейшими из которых являются:

1) энергетический потенциал системы передачи, Π , дБ, который определяет максимально допустимое затухание оптического сигнала в оптическом линейном тракте, а именно: в оптическом волокне (ОВ), разъёмных и неразъёмных соединителях на РУ, а также в других узлах линейного тракта. Энергетический потенциал определяется типом оптического интерфейса;

2) дисперсия в ОВ, τ , пс. Дисперсионные явления в ОВ приводят к расширению во времени спектральных и модовых составляющих сигнала, то есть к различному времени их распространения, что приводит к изменению формы и длительности оптических импульсных сигналов, к их уширению;

3) помехи, обусловленные тепловыми шумами активных компонентов схем, шумами источников оптического излучения, шумами из-за отражения оптического излучения от торцевой поверхности ОВ, модовыми шумами из-за интерференции мод, распространяющихся в ОВ. Этот вид помех интегрально учитывается как собственные шумы оптической системы;

4) квантовый или фотонный шум, носителем которого является сам оптический сигнал (в силу его малости по сравнению с другими составляющими шумов оптического линейного тракта в проекте он не учитывается).

Для расчета протяженности участка регенерации в качестве исходных данных используются параметры оптического интерфейса и параметры оптического волокна. Типовые параметры одномодового оптического волокна в соответствии с Рекомендациями G.652 приведены в таблице 5.6.

Протяженность участка регенерации при работе по оптическому волокну с учетом энергетических свойств оптического линейного тракта определяется по методике, представленной ниже.

Энергетический потенциал (Π) системы передачи равен

$$\Pi = P_{\text{ПЕР}} - P_{\text{ПР}}, \text{ дБ}, \quad (5.1)$$

где $P_{ПЕР}$ – абсолютный уровень мощности излучения оптического сигнала передатчиком, дБм;

$P_{ПР}$ – абсолютный уровень мощности оптического сигнала на входе приёмного устройства, при котором коэффициент ошибок или вероятность ошибки $p_{ош}$ одиночного регенератора не превышает заданного значения, дБм.

Таблица 5.6 – Типовые характеристики стандартного одномодового оптического волокна

Параметр	Значение
Диаметр оболочки, мкм	125,0±0,7
Диаметр покрытия, мкм	245±10
Рабочий диапазон длин волн, нм	1285...1330 1530...1565
Длина волны отсечки в кабеле $I_{сc}$, нм	≤1260
Коэффициент затухания на длине волны, дБ/км: 1310 нм 1550 нм 1625 нм	≤0,34 ≤0,19 ≤0,23
Коэффициент затухания на длине волны гидроксильного пика 1383±3 нм (дБ/км)	≤0,33
Длина волны нулевой дисперсии I_0 , нм	1300 < I_0 < 1320
Наклон дисперсионной кривой S_0 , пс/(нм ² ·км)	≤0,090
Коэффициент поляризационной модовой дисперсии, пс/√км: индивидуальные волокна протяженная линия	≤0,2 ≤0,08
Рабочий интервал температур, °C	-60..+85
Эффективный групповой показатель преломления сердцевины на длине волны - 1310 нм - 1550 нм	1,469 1,470

Для определения длины участка регенерации необходимо знать величину мощности излучателя $P_{ПЕР}$, чувствительность приемника $P_{ПР}$, строительную длину кабеля $L_{СТР}$, километрическое затухание в оптическом волокне на заданной длине волны α_{KM} .

Суммарные потери участка линейного тракта можно определить по формуле

$$A_{\Sigma}(L_{РГ1}) = n_P \cdot \alpha_P + n_H(L_{РГ1}) \cdot \alpha_H + A_{ЗАП} + \alpha_{KM} \cdot L_{РГ1} + \alpha_{ВВ}, \quad (5.2)$$

где n_P – количество разъемных соединений в линейном тракте;

α_P – затухание в разъемных соединениях, дБ;

n_H – количество неразъемных соединений, которое связано с протяженностью участка регенерации и строительной длиной оптического волокна по формуле

$$n_H(L_{PG1}) = \frac{L_{PG1}}{L_{cnp}} - 1; \quad (5.3)$$

где L_{PG1} – общая длина участка регенерации, км;

α_H – затухание в неразъемном (сварном) соединении, дБ;

$A_{ЗАП}$ – энергетический запас на старение элементов оптического тракта: источника излучения, волоконно-оптического кабеля, оптоэлектронного преобразователя, уход параметров электрических схем, дБ (обычно 5–6 дБ);

α_{BB} – потери при вводе оптической энергии в волокно, когда источник оптического излучения непосредственно подсоединяется к станционному кабелю, дБ.

Протяженность участка регенерации L_{PG} находится из следующего выражения:

$$P = P_{ПЕР} - P_{ПР} = A_{\Sigma}(L_{PG1}). \quad (5.4)$$

При расчете протяженности участка регенерации наряду с энергетическими параметрами необходим учет дисперсионных свойств оптического волокна.

В процессе распространения по оптическому волокну импульсы света расплываются. При достаточно большом уширении импульсы начинают перекрываться, так что становится невозможным их выделение при приеме.

Явление уширения импульсов – дисперсия – имеет размерность времени и определяется как квадратичная разность длительностей импульсов на выходе $\tau_{ВЫХ}$ и входе $\tau_{ВХ}$ оптического кабеля длины L :

$$\tau(L) = \sqrt{\tau_{ВЫХ}^2 - \tau_{ВХ}^2}. \quad (5.5)$$

Чем меньше значение дисперсии, тем больший поток информации можно передать по волокну. Обычно дисперсия нормируется в расчете на 1 км и измеряется в пс/км.

При передаче сигнала по оптическому волокну уширение импульсов происходит за счет следующих видов дисперсии:

Межмодовая дисперсия возникает вследствие различной скорости распространения мод и имеет место только в многомодовом волокне.

Хроматическая дисперсия ($\tau_{ХР}$) состоит из материальной и волноводной составляющих. Материальная дисперсия обусловлена зависимостью показателя преломления волокна от длины волны. Волноводная дисперсия обусловлена зависимостью коэффициента распространения моды от длины волны.

К уменьшению хроматической дисперсии ведет использование более когерентных источников излучения и рабочей длины волны, более близкой к длине волны нулевой дисперсии.

Так как при строительстве сети используется оборудование SDH и стандартное одномодовое волокно с несмещенной дисперсией в соответствии с рекомендацией ITU-T G. 652, типовые параметры которого приведены в таблице 5.6, то при расчетах достаточно учитывать только хроматическую дисперсию в оптическом волокне. В качестве меры хроматической дисперсии используется среднеквадратическая дисперсия в одномодовом волокне:

$$t(L_{PT2}) = DI \times S_n L_{PT2}, \text{ пс}, \quad (5.6)$$

где DI – ширина спектра излучения оптического источника передатчика;

S_n – номинальное значение среднеквадратической дисперсии.

Среднеквадратическая дисперсия одномодового оптического волокна S_n рассчитывается по формуле:

$$S_n \cong (S_0/4)[1 - I_0^4 / I^3] \text{ пс}/(\text{нм} \cdot \text{км}), \quad (5.7)$$

где S_0 – наклон дисперсионной кривой конкретного волокна на длине волны нулевой дисперсии пс/(нм²·км);

I – рабочая длина волны, нм;

I_0 – длина волны нулевой дисперсии, нм.

Дисперсия накладывает ограничения на дальность передачи и верхнюю частоту передаваемых сигналов.

Для определения протяженности участка регенерации при работе по оптическому волокну с учетом дисперсионных свойств оптического линейного тракта, характеристики и влияние которых были даны выше, можно воспользоваться следующим условием: при полосе пропускания оптического линейного тракта, численно равной скорости передачи, межсимвольные искажения в линейном тракте практически не будут оказывать влияние на увеличение коэффициента ошибок (ухудшение ОСШ при регенерации сигнала).

Пусть V – скорость передачи цифрового сигнала, ΔF – полоса пропускания оптического линейного тракта, необходимая для передачи цифрового сигнала с заданной скоростью, при этом можно принять, что

$$\Delta F \cong V.$$

Известно из теории оптических волноводов, что полоса пропускания ОВ и результирующая дисперсия ОВ τ связаны соотношением

$$\Delta F = \frac{1}{\tau}. \quad (5.8)$$

Зависимость длины волоконно-оптической линии связи L_{PT2} от дисперсии τ представлена следующей формулой:

$$t = \frac{1}{\Delta F} = t_{KM\ XP} \cdot L_{PG2} \cdot \Delta l. \quad (5.9)$$

Откуда легко определить длину участка регенерации при работе по оптическому волокну с учетом дисперсионных свойств оптического линейного тракта (L_{PG2}).

Из двух величин протяженности участка регенерации при работе по оптическому волокну, рассчитанных с учетом дисперсионных свойств оптического линейного тракта (L_{PG2}) и энергетических свойств (L_{PG1}), выбирается наименьшее значение, которое и будет являться протяженностью участка регенерации волоконно-оптической линии связи.

Исходные данные и результаты расчета целесообразно представить в виде таблицы 5.7.

Таблица 5.7 – Исходные данные к расчету и результаты расчета

Сегменты сети	1–2	...
Тип оптического интерфейса	L-16.1	
Мощность излучения, дБм		
Ширина спектра излучения источника, нм		
Чувствительность приемника, дБм		
Энергетический потенциал, дБ		
Допустимая хроматическая дисперсия, пс		
Расстояние между населенными пунктами, км		
Протяженность участка регенерации, км		

После проведения соответствующих расчетов необходимо сделать вывод о целесообразности применения электрических регенераторов или оптических усилителей на сегментах сети.

6 РАСЧЕТ НОРМ НА ПАРАМЕТРЫ КАЧЕСТВА ПРОЕКТИРУЕМОЙ СЕТИ

При построении цифровых сетей связи предъявляются определенные требования к трактам, используемым при организации международных цифровых соединений.

При их расчете за основу взяты нормы на показатели качества для международного цифрового условного эталонного тракта (УЭТ) протяженностью 27 500 км (Рекомендации ITU-T G.821, G.826). Структура УЭТ представлена на рисунке 6.1.

УЭТ предлагается рассматривать состоящим из участка высшего качества максимальной протяженностью 25 000 км и участков среднего и местного качества на каждом конце соединения протяженностью 1250 км каждый.

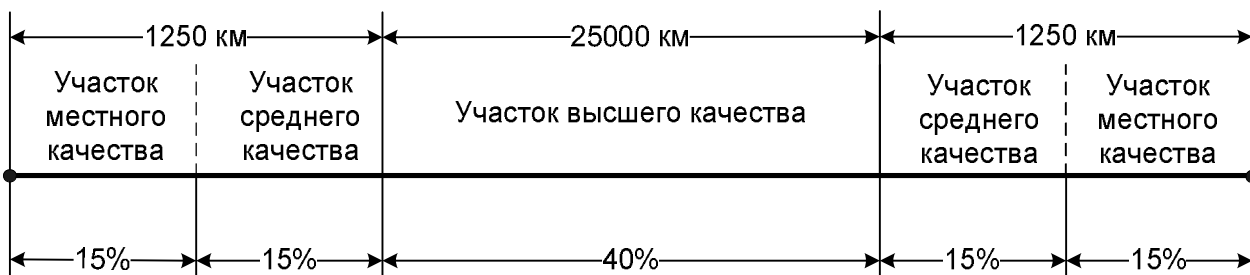


Рисунок 6.1 – Структура условного эталонного тракта

Нормы на параметры качества УЭТ распределяются следующим образом: 40 % на участок высшего качества, 15 % на каждый из участков среднего и местного качества (см. рисунок 6.1).

Номинальная цепь Взаимоувязанной сети связи (НЦ ВСС) имеет структуру, представленную на рисунке 6.2.



Рисунок 6.2 – Структура номинальной цепи Взаимоувязанной сети связи

НЦ ВСС состоит из следующих участков:

- участок магистральной ПС протяженностью 12 500 км;
- два участка внутризоновой ПС протяженностью 600 км каждый;
- два участка местной ПС протяженностью 100 км каждый.

При установлении норм на составные части НЦ ВСС используются следующие правила:

- абонентский участок рассматривается как участок низкого качества, на него отводится 15 % нормы;
- местные и внутризоновые первичные сети составляют участок среднего качества, и доля норм на этот участок (15 %) поровну распределяется между ними (по 7,5 %);
- на участок магистральной первичной сети отводится часть норм для участка высшего качества, пропорциональная отношению длин национальной (12 500 км) и международной (25 000 км) цепей, что составляет 20 % от общей нормы международного соединения.

В качестве основных показателей для оценки показателей качества в групповых трактах используются:

- коэффициент секунд с ошибками – ESR – error seconds ratio – отношение числа секунд с ошибками к общему числу секунд в период готовности тракта за фиксированный интервал измерений; секунда с ошибками – ES – Errored Second – период в 1 секунду с одним или несколькими блоками с

ошибками или одним дефектом. Блок с ошибками – EB – errored block – блок, в котором отмечены один или несколько битов с ошибками;

– коэффициент секунд, пораженных ошибками – SESR – severally errors seconds ratio, определяется как отношение числа секунд, пораженных ошибками, к общему числу секунд в период готовности за фиксированный интервал измерений; секунда, пораженная ошибками, – период в 1 секунду, содержащий более 30 % блоков с ошибками или, по крайней мере, 1 период с серьезными нарушениями (SDP); период с серьезными нарушениями – Severely Disturbed Period – SDP – период длительностью, равной 4 смежным блокам, в каждом из которых коэффициент ошибок превышает 10^{-2} или в среднем за 4 блока коэффициент ошибок более 10^{-2} , или наблюдалась потеря сигнальной информации;

– коэффициент ошибок по блокам с фоновыми ошибками – BBER – background block error ratio – определяется как отношение числа блоков с фоновыми ошибками к общему числу блоков в период готовности в течение фиксированного интервала измерений за исключением всех блоков в течение SES. Блок с фоновой ошибкой – Background Block Error – BBE – блок с ошибками, не являющийся частью SES.

Исходными данными к расчету норм на параметры ошибок являются:

- тип тракта (спутниковый или наземный);
- из каких участков и какой протяженности состоит тракт передачи;
- скорость передачи;
- какая технология передачи (PDH, SDH) используется на каждом участке;
- для каких типов норм рассчитываются показатели;
- для какого интервала времени рассчитывается указанная норма.

Распределение норм на показатели ошибок для УЭТ различной пропускной способности дано в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Распределение норм на показатели ошибок

Скорость передачи, Мбит/с		до 1,5	1,5...5,0	5...15	15...55	55...160
Канал, тракт		E0	E1, VC-12	E2, VC-2	E3, VC-3	E4, VC-4
Размер блока		—	800-5000	2000-8000	4000-20000	6000-20000
Долговременная норма	<i>ESR</i>	0,08	0,04	0,05	0,075	0,16
	<i>SESR</i>	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
	<i>BBER</i>	—	$3 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$
Оперативная норма	<i>ESR</i>	0,04	0,02	0,025	0,0375	0,08
	<i>SESR</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

Для оценки трактов виртуальных контейнеров транспортной сети SDH в терминах блоков с ошибками принимается следующее:

- размер блока равен размеру цикла (сверхцикла) (таблица 6.2);

– блок отмечается как блок с ошибками, если отмечено хотя бы одно нарушение по ВІР-п.

Заметим, что проверка по ВІР-2 не дает вероятности обнаружения ошибки большей, чем 90 %.

Таблица 6.2 – Размеры блоков для контроля характеристик трактов SDH

Скорость в тракте SDH	Тип тракта	Размер блока (Рекомендации G.826), биты/блок	Размер блоков в тракте SDH, биты/блок	Код детект. ошибок
1664 Кбит/с	VC-11	800–5000	832	ВІР-2
2240 Кбит/с	VC-12	800–5000	1120	ВІР-2
48 960 Кбит/с	VC-3	4000–20 000	6120	ВІР-8
150 336 Кбит/с	VC-4	6000–20 000	18 792	ВІР-8
601 344 000 Кбит/с	VC-4-4с	15 000–30 000	75 168	ВІР-8

Для оценки параметров качества групповых трактов используются долговременные и оперативные нормы.

Долговременные нормы должны выполняться в цифровых каналах и трактах одновременно по всем показателям. Рекомендуемый период оценки – 1 месяц.

При текущем контроле находящихся в эксплуатации цифровых каналов и трактов применяются оперативные нормы, которые относятся к экспресс-нормам и рассчитаны на оценку качества за относительно короткий период измерений. Как правило, оперативные нормы устанавливаются на уровне 0,5 от долговременных норм. Период измерений для оценки оперативных норм выбирается из ряда стандартных величин и может составлять 15 минут, 2 часа, 1 сутки, 7 суток.

Различают следующие виды оперативных норм:

– нормы для ввода трактов в эксплуатацию. Используются в тех случаях, когда аналогичное оборудование испытано на соответствие долговременным нормам и уже находится в эксплуатации;

– нормы технического обслуживания. Применяются в процессе эксплуатации оборудования;

– нормы восстановления систем. Используются при сдаче тракта в эксплуатацию после ремонта оборудования.

Для оценки эксплуатационных характеристик результаты измерения берутся лишь в периоды готовности канала или тракта. Интервалы неготовности из рассмотрения исключаются.

В данном разделе при проектировании внутризональной сети необходимо определить для каждого из участков сети или участка максимальной протяженности следующие параметры:

– доли долговременных и оперативных норм на параметры качества;

- долговременные и оперативные нормы на параметры ESR, SESR, VBER;
- параметры ошибок, соответствующие оперативным нормам: эталонные нормы RPO на параметры ошибок ES и SES, а также значения норм, соответствующие первоначальному вводу в эксплуатацию тракта (BISO), и пороговые нормы безусловного ввода в эксплуатацию (S1) и неприема в эксплуатацию (S2) за период наблюдения 1 сутки;
- максимальное значение коэффициента битовых ошибок, допустимое в соответствии с рассчитанными долговременными нормами.

Доли долговременных и оперативных норм на параметры качества определяются в зависимости от типа группового тракта и его протяженности. Для нахождения долей долговременных C_L и оперативных D_L норм на показатели ошибок в зависимости от округленных длин реальных линий необходимо воспользоваться данными, представленными в таблицах 6.3 и 6.4. В таблице 6.3 L – округленная протяженность участка сети, L_{Hi} – номинальная протяженность соответствующего участка.

Округление длин линии (в большую сторону) производится по следующим правилам:

- для линий магистрального участка с точностью 250 км при $L < 1000$ км и 500 км при $L > 1000$ км;
- для линий внутризоновых первичных сетей с точностью 50 км при $L < 200$ км и 100 км при $L > 200$ км;
- округление длины линий в местных первичных сетях проводится с точностью 20 км;
- длины линий абонентской сети не округляются: на каждую линию доля норм берется непосредственно из таблицы 6.3.

Таблица 6.3 – Доли долговременных норм на показатели ошибок

Вид тракта	Длина линии	Доля нормы C_L
Абонентская линия	—	0,15
Местная первичная сеть	$L \leq 100$ км	$0,075 \cdot L / L_{H1}$
Внутризональная первичная сеть	$L \leq 600$ км	$0,075 \cdot L / L_{H2}$
Магистральная первичная сеть	$L \leq 12500$ км	$0,2 \cdot L / L_{H3}$

Таблица 6.4 – Доля от оперативных норм для трактов VC-n в зависимости от длины

Контролируемый участок, км	Доля от суммарных норм (D_L)
$L < 500$	0,02
$500 < L < 1000$	0,03
$1000 < L < 2500$	0,04
$2500 < L < 5000$	0,06
$5000 < L < 7500$	0,08
$7500 < L$	0,10

Долговременные А и оперативные В нормы на показатели ошибок определяются с помощью следующих формул:

– долговременные нормы:

$$A_{ESR} = C_L ESR; \quad A_{SESR} = \frac{1}{2} C_L SESR; \quad A_{BBER} = C_L BBER;$$

– оперативные нормы:

$$B_{ESR} = \frac{1}{2} D_L ESR; \quad B_{SESR} = \frac{1}{2} D_L SESR.$$

Эталонные нормы RPO (Reference Performance Objective) на параметры ошибок ES и SES определяются по найденным значениям оперативных норм для соответствующих показателей ошибок при заданной длительности измерений T (измеряется в секундах):

$$RPO_{ES} = B_{ESR} T; \quad RPO_{SES} = B_{SESR} T.$$

Значения норм, соответствующие первоначальному вводу в эксплуатацию тракта (BISO – bringing-inlo-servise objective), и пороговые нормы безусловного ввода в эксплуатацию (S1) и неприема в эксплуатацию (S2) за период наблюдения T определяются с помощью соотношения

$$BISO = k \cdot RPO,$$

где k – коэффициент, определяемый видом эксплуатационного контроля, значение k выбирается из таблицы 6.5.

Таблица 6.5 – Значения коэффициента k в зависимости от видов эксплуатационного контроля

Вид испытаний	k	
	каналы, тракты	оборудование СП
Эталонная норма	1	1
Первоначальный ввод	0,5	0,1
Ввод после ремонта	0,5	0,125
Ввод с ухудшенным качеством	0,75	0,5
Вывод из работы	> 10	> 10

Пороговые значения $S1$ (пороговая норма безусловного ввода в эксплуатацию) и $S2$ (пороговая норма неприёма в эксплуатацию) определяются соотношениями:

$$S1 = BISO - 2\sqrt{BISO}; \quad S2 = BISO + 2\sqrt{BISO}.$$

На основе рассчитанных норм необходимо определить допустимый коэффициент ошибок в трактах проектируемой сети, при котором обеспечиваются долговременные нормы показателя качества.

При расчетах воспользоваться следующими предположениями:

1. В цифровом линейном тракте при испытаниях время неготовности канала пренебрежимо мало по сравнению со временем измерений.
2. При малых значениях коэффициента ошибок число секунд с ошибками практически равно числу кодовых ошибок.

3. В соответствии с Рекомендацией G.826 одним из условий регистрации событий *SES* является наличие более 30 % блоков с ошибками.

4. Для тракта характерно равномерное появление ошибок.

5. Число блоков с фоновыми ошибками *BBE* не превышает число кодовых ошибок $N_{OШ}$ за интервал измерений.

Результаты расчета для трактов E1 и VC-4 представить в виде таблицы 6.6.

Таблица 6.6 – Результаты расчетов

Параметр	Усл. об.	Значение
Участок		
Протяженность участка		
Долговременные нормы на показатели ошибок для УЭТ	<i>ESR</i>	
	<i>SESR</i>	
	<i>BBER</i>	
Оперативные нормы на показатели ошибок для УЭТ	<i>ESR</i>	
	<i>SESR</i>	
Доля долговременной нормы	<i>C_L</i>	
Доля оперативной нормы	<i>D_L</i>	
Долговременные нормы	<i>A_{ESR}</i>	
	<i>A_{SESR}</i>	
	<i>A_{BBER}</i>	
Оперативные нормы	<i>B_{ESR}</i>	
	<i>B_{SESR}</i>	
Эталонная норма, соответствующая первоначальному вводу тракта в эксплуатацию	<i>RPO_{ES}</i>	
Норма, соответствующая первоначальному вводу тракта в эксплуатацию	<i>BISO_{ES}</i>	
Пороговые нормы	<i>S1_{ES}</i>	
	<i>S2_{ES}</i>	
Допустимое значение коэффициента битовых ошибок	<i>k_{OШ}</i>	

Для оценки параметров качества групповых трактов в оборудовании SDH используются процедуры внутреннего контроля, которые осуществляются в каждом слое сети SDH. В трактах виртуальных контейнеров, мультиплексных и регенерационных секциях используется избыточный код битового чередуемого паритета VIP-n (Bit Interleaved Parity-n).

В мультиплексных секциях сети SDH используется процедура внутреннего контроля VIP-24×N, в регенерационных секциях и трактах виртуальных контейнеров VC-4-Xc/VC-4/VC-3 – VIP-8, в трактах виртуальных контейнеров VC-2/VC-1 – VIP-2. Для передачи битов VIP используются секционные или трактовые заголовки.

Значения битов VIP-n рассчитываются на передаче в завершении соответствующего тракта, на приеме значения битов VIP-n рассчитываются еще раз. Результат сравнения (величина нарушений) кодируется и используется как

сигнал индикации удаленных ошибок для передачи в противоположном направлении. Одновременно количество нарушений по ВІР-п обрабатывается функцией управления синхронным оборудованием SEMF (Synchronous Equipment Management Function),

При анализе параметров тракта показатели качества могут быть оценены с помощью событий, которые можно разделить на 2 группы:

- аномалии;
- дефекты.

Аномалия – наименьшее отличие, которое может быть обнаружено между реальной и желаемой характеристиками тракта. Одиночная аномалия не является препятствием для выполнения требуемых функций. Аномалии используются как входной сигнал в процессе мониторинга показателей качества трактов и определения его дефектов.

Дефекты – соответствуют случаю, когда плотность вероятности возникновения аномалий достигает уровня, при которых выполнение функций прерывается. Дефекты используются как входной сигнал в процессе мониторинга и управления последовательностью действий оператора сети и определения причины повреждений.

Для трактов SDH параметры показателей определяются следующими событиями: ES – регистрируется, если в течение односекундного интервала отмечается одна аномалия; SES – регистрируется, если в течение одной секунды отмечается 30 % EB или один дефект. Дефекты для трактов SDH представлены в таблице 6.7.

Таблица 6.7 – Дефекты, являющиеся следствием SES

Тип тракта	Дефекты на ближнем конце	
Тракт низшего порядка	LP UNEQ	LO Path Unequipped VC indication (VC1/VC2) – нет индикации типа нагрузки
	LP TIM	Trace Identifier Mismatch – потеря идентификатора трассы
	TU LOP	Loss of TU pointer – потеря указателя TU
	TU AIS	AIS административного блока на приёме
	TU LOM	Loss of TU multiframe – потеря сверхцикла TU
Тракт высшего порядка	HP PLM	HO Path Payload Label Mismatch – потеря идентификатора типа нагрузки
	HP UNEQ	HO Path Unequipped VC indication (VC3/VC4) – нет индикации типа нагрузки
	HP TIM	потеря идентификатора трассы
	AU LOP	Loss of AU pointer – потеря указателя AU
	AU AIS	AIS административного блока
Дефекты на дальнем конце		
	LP RDI	Remote Defect Indication – являются следствием SES на дальнем конце
	HP RDI	

Секционные дефекты (MS AIS, RS AIS, STM LOF, STM LOS) вызывают дефект AIS на уровне тракта.

7 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТИ ТАКТОВОЙ СЕТЕВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ

Нарушение тактовой синхронизации в сетях на основе оборудования SDH может привести к увеличению коэффициента ошибок и проскальзываниям в цифровой последовательности (и как следствие этого к нарушению циклового синхронизма). Поэтому отдельным этапом проектирования транспортной сети является проектирование системы тактовой сетевой синхронизации (ТСС).

В процессе разработки системы ТСС необходимо:

- выбрать источники синхросигнала (основной и резервные) и места их размещения;
- определить основные и резервные пути прохождения синхросигналов;
- установить приоритеты входов сигналов синхронизации во всем оборудовании сети ТСС;
- определить качество источников сигналов синхронизации;
- провести структурный анализ сети с целью исключения возможности образования петель и потери сигналов синхронизации при авариях;
- выяснить потребность в дополнительном оборудовании синхронизации, устанавливаемом на сети;
- разработать схемы внутриузловой синхронизации с учетом подключения сигналов синхронизации к коммутационным станциям и к другому оконечному оборудованию;
- проверить обеспеченность сигналами синхронизации каждой коммутационной станции в случае возникновения любой одиночной неисправности.

Для построения сети синхронизации SDH используется первичный эталонный генератор (Primary Reference Clock – PRC). Первичный генератор представляет собой атомный источник тактовых импульсов (цезиевый или рубидиевый генератор) с относительной нестабильностью не хуже 10^{-11} . Распределяется сигнал синхронизации на все узлы сети.

В сетях SDH применяется принудительная иерархическая синхронизация. Этот метод использует иерархию генераторов, в которой каждый генератор нижнего уровня синхронизирован от генератора, более высокого уровня. Используются генераторы четырех уровней качества синхронизации:

- первичный опорный или эталонный генератор PRC (самого высокого качества);
- ведомый генератор в узле транзита (Transit Node Clock – TNC);
- ведомый генератор в местном, локальном узле (Local Node Clock – LNC);
- генератор оборудования синхронной цифровой иерархии (SDH Equipment Clock – SEC) (самого низкого качества).

Генератор более высокого качества не должен синхронизироваться генератором более низкого качества. Имеются пределы на число генераторов, которые могут быть связаны в цепи распределения синхронизации. Опорные сигналы генераторов распределены между уровнями иерархии через сеть,

которая может использовать средства транспортной сети. Транспортная сеть может содержать генераторы оборудования SDH (SEC).

В сетях SDH возможно использование оборудования источников синхронизации следующих типов:

- PRC – автономный генератор, синхронизирующийся по радио- или спутниковому сигналу;

- ведомый задающий генератор (Synchronization Supply Unit – SSU) – выбирает один из источников синхронизации, подключенных к его входу, и распределяет его к другим элементам сети. Функциональная схема SSU показана на рисунке 7.1. Этот тип используется в генераторах транзитных и локальных узлов;

- внутренний генератор оборудования (SEC). Функциональная схема показана на рисунке 7.2.

На рисунках 7.1 и 7.2 приняты следующие обозначения:

T0 – внутренний опорный сигнал синхронизации сетевого элемента;

T1 – сигнал синхронизации, извлеченный из агрегатного сигнала STM-N;

T2 – сигнал синхронизации, извлеченный из сигнала 2,048 Мбит/с;

T3 – внешний сигнал синхронизации 2,048 МГц;

T4 – внешний выход синхронизации.

В транспортной сети возможны четыре режима синхронизации:

- синхронный;
- псевдосинхронный;
- плезиохронный;
- асинхронный.

Синхронный режим является нормальным режимом работы цифровой сети, в котором проскальзывания носят случайный характер. Используется на обширных географических территориях, границы которых совпадают с границами национальных сетей государств средних размеров.

Псевдосинхронный режим имеет место, когда на цифровой сети независимо друг от друга работают два или несколько генераторов, точность установки частоты которых не хуже 1×10^{-11} . Такой режим работы возникает при соединении независимых синхронных сетей (национальных или регионов синхронизации одной национальной сети).

При таких требованиях к точности установки частоты PRC (не хуже 1×10^{-11}) в основном цифровом канале ($64 \cdot 10^3$ бит/с) управляемые проскальзывания будут возникать не чаще одного раза за 70 суток.

Плезиохронный режим возникает на цифровой сети, когда генератор ведомого узла полностью теряет возможность внешней принудительной синхронизации вследствие отказов как основного, так и всех резервных путей синхронизации. В этом случае генератор переходит в режим удержания (Holdover mode), при котором запоминается частота принудительной синхронизации. Точность установки частоты ЗГ не менее $1 \cdot 10^{-9}$.

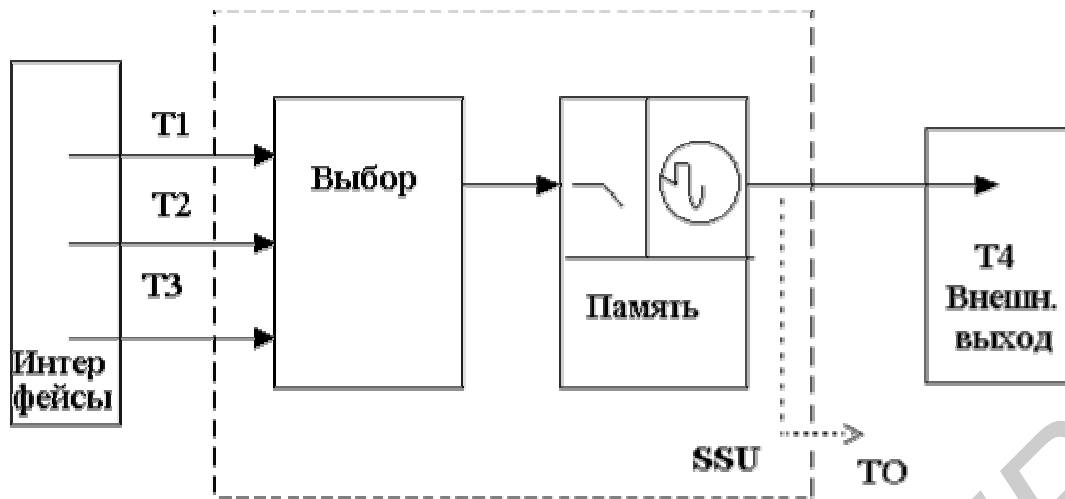


Рисунок 7.1 – Функциональная схема SSU

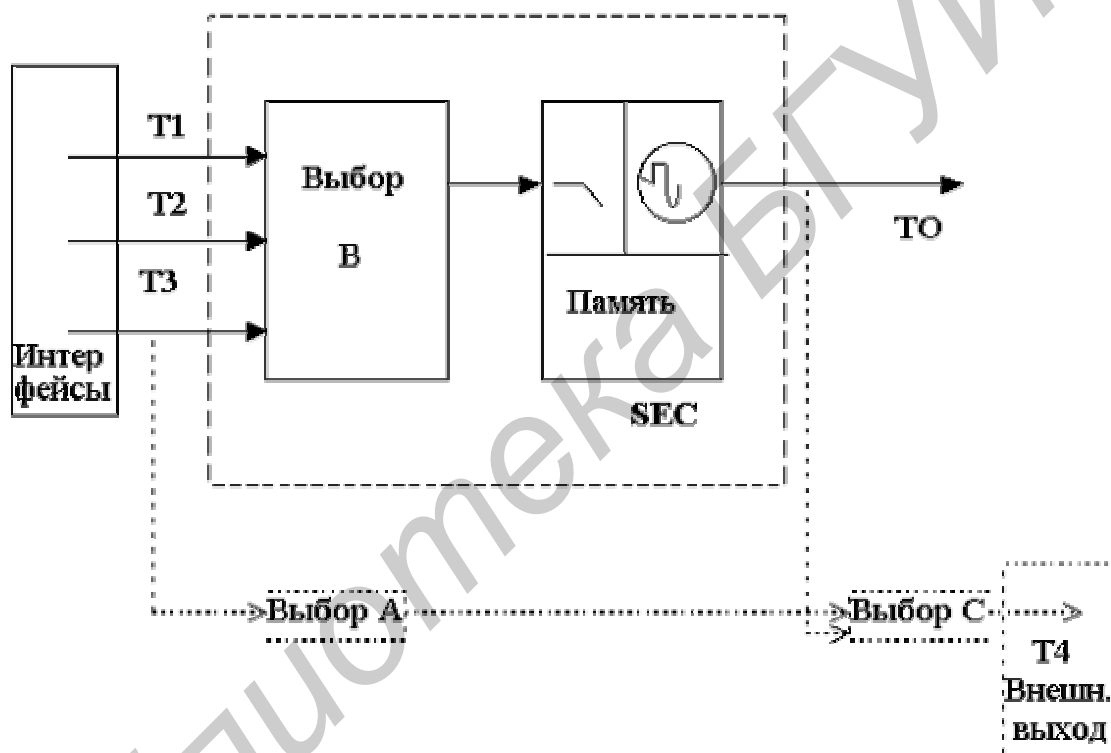


Рисунок 7.2 – Функциональная схема SEC

Асинхронный режим характеризуется еще большим расхождением частот генераторов: точность установки частоты 3Г не менее $1 \cdot 10^{-5}$, соответствует аварии на сетях SDH.

Распределение синхронизации может быть внутриузловое (в пределах узлов, содержащих SSU) и межузловое.

Распределение внутриузловое соответствует логической топологии «звезда»: все генераторы более низкого уровня в пределах узла получают сигнал синхронизации от генератора самого высокого иерархического уровня в узле.

Распределение междузловое соответствует древовидной топологии. Иерархические отношения между генераторами показаны на рисунке 7.3. Такая архитектура, в которой генераторы более низкого иерархического уровня синхронизируются от генераторов того же самого или высшего иерархического уровня, позволяет предотвратить петлю по синхронизации, а это необходимо для правильной работы сети синхронизации.

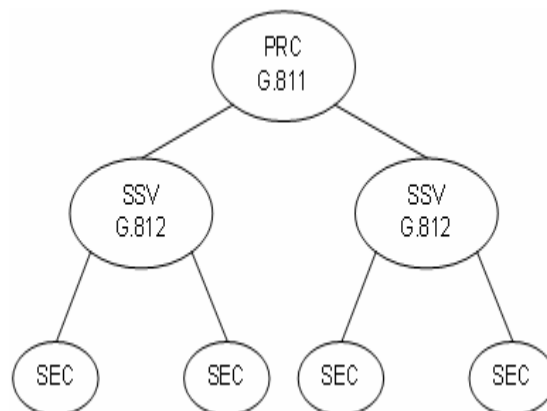


Рисунок 7.3 – Архитектура сети синхронизации междузлового распределения

Информация об опорной фазе передается между узлами синхронизации с помощью цепи синхронизации. При его повреждении генератор узла должен выбирать другой источник сигнала синхронизации. При отсутствии возможности выбора генератор узла переходит в режим удержания.

Опорная цепь сети синхронизации (Synchronization network reference chain) показана на рисунке 7.4. Сигнал синхронизации распределяется от PRC ко всем генераторам в цепи. Цепь синхронизации может содержать $K \times SSU$, а между соседними $SSU - N \times SEC$.

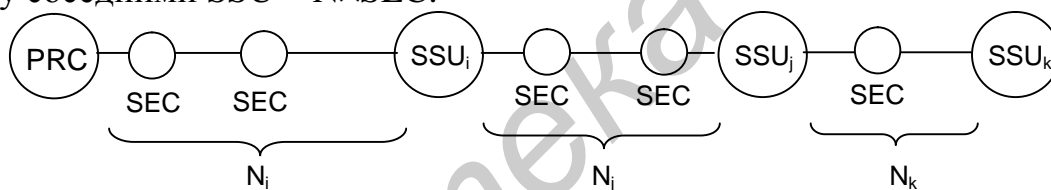


Рисунок 7.4 – Опорная цепь сети синхронизации

Качество синхронизации ухудшается с увеличением числа синхронизированных генераторов и, следовательно, для практического проекта сети синхронизации число каскадно включенных элементов должно быть минимизировано. Для самой длинной опорной цепи синхронизации $K = 10$, $N = 20$, при этом общее число SEC в цепи не должно превышать 60.

В случае отказа основного источника сигнала синхронизации все элементы сети перейдут на синхронизацию от источника с самым высоким уровнем синхронизации. Это гарантирует то, что SEC редко переходит в режим удержания или несинхронизированный режим. Пример переконфигурации цепи синхронизации показан на рисунке 7.5.

Статус сигнала синхронизации передается в заголовке мультиплексной секции (биты 5–8 байта S1).

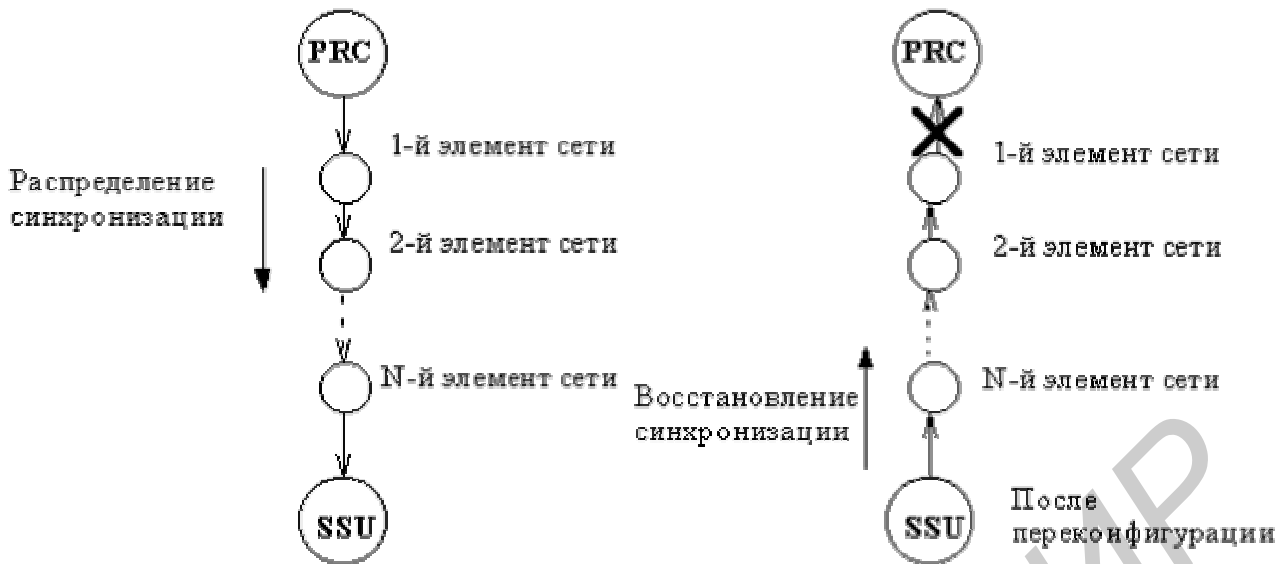


Рисунок 7.5 – Пример переконфигурации в сети синхронизации

Характеристики сигналов синхронизации

Сигнал синхронизации – это периодический сигнал. Математически может быть представлен следующим образом:

$$s(t) = A \cdot \sin \Phi(t),$$

где A – амплитуда,
 $\Phi(t)$ – общая мгновенная фаза.

Математическая модель общей мгновенной фазы идеального сигнала синхронизации может иметь вид

$$\Phi_{ид}(t) = 2 \times \pi \times f_{ном} \times t.$$

Модель общей мгновенной фазы фактического или действительного сигнала синхронизации имеет более сложный вид:

$$\Phi(t) = \Phi_0 + 2\pi f_{ном} (1 + y_0)t + \pi D f_{ном} t^2 + j(t),$$

где Φ_0 – первоначальное смещение фазы,
 y_0 – относительное смещение частоты от ее номинального значения,
 D – скорость линейного относительного дрейфа частоты (учитывает эффекты старения),
 $j(t)$ – случайная компонента отклонения фазы;
 $f_{ном}$ – номинальная частота генератора.

Функция времени (time function) сигнала синхронизации определяется следующим образом:

$$T(t) = \Phi(t) / (2\pi f_{ном}).$$

Функция ошибки времени (time error function) сигнала синхронизации определяется как разность между функциями времени генератора сигнала синхронизации и эталонного (reference) генератора:

$$x(t) = T(t) - T_{REF}(t).$$

Функция ошибки времени на интервале (time interval error function TIE) равна

$$TIE(t, t) = x(t + t) - x(t).$$

Максимальная ошибка времени на интервале (maximum time interval error MTIE) определяется на интервале времени $t = n \times t_0$ как максимум от пика до пика изменения времени задержки данного сигнала синхронизации относительно идеального сигнала синхронизации по следующей формуле:

$$M TIE(n \times t_0) = \max_k(\max_i(x_i) - \min_i(x_i)),$$

где $1 \leq k \leq N - n$, $k \leq i \leq k + n$, $n = 1, 2, \dots, N - 1$.

Максимальная относительная ошибка времени на интервале (maximum relative time interval error – MRTIE) определяется на интервале времени как максимум от пика до пика изменения времени задержки выходного сигнала хронирования относительно входного сигнала хронирования.

В качестве характеристик сигналов хронирования используются и другие характеристики, например такие, как среднее квадратическое значение и дисперсия функции ошибки времени.

Ниже по данным Рекомендаций ITU-T приведены характеристики первичного эталонного генератора (PRC), генераторов транзитных и локальных узлов (SSU) и генератора оборудования SDH (SEC).

Первичный эталонный генератор (PRC)

Таблица 7.1 – Характеристики первичного эталонного генератора

MTIE, нс	Период наблюдения S , с	Долговременный уход частоты
$100 \times S$	$0,05 < S \leq 5$	10^{-7}
$(5 \times S + 500)$	$5 < S \leq 500$	5×10^{-9}
$(0,01 \times S + X)$	$S > 500$	10^{-11}

Примечание. $1000 \leq X \leq 3000$

Для выходных сигналов хронирования первичного эталонного генератора основным интерфейсом является интерфейс 2048 КГц (Рекомендация G.703.10), но могут быть использованы и другие физические интерфейсы, например такие, как 1 МГц, 5 МГц или 10 МГц.

Генераторы транзитных и локальных узлов

Генераторы транзитных и локальных узлов реализуются в функциональном отношении как блоки синхронизации (SSU). Они функционируют идеально, если в сигнале синхронизации от PRC или от SSU более высокого уровня иерархии, поступающем на его вход, нет никаких

ухудшений. Для SSU допустимо и автономное функционирование, называемое удержанием.

При идеальном функционировании характеристики SSU одинаковы для транзитного и локального узлов. Для периодов наблюдения от 0,05 с до 100 с параметры SSU изучаются. Для периодов наблюдений более 100 с характеристики SSU приведены в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Характеристики SSU

MRTIE, нс	Период наблюдения S, с	Долговременный уход частоты
1000	>100	10^{-8}

При функционировании в режиме удержания величина MRTIE в наносекундах для подчиненных генераторов аппроксимируется формулой, а значения коэффициентов приведены в таблице 7.3.

$$MRTIE(S) = (a \times S + 0,5 \times b \times S^2 + C),$$

где $S > 100$ с.

Таблица 7.3 – Значения коэффициентов a, b, c

	Генератор транзитного узла	Генератор локального узла
a	0,5 (соответствует начальному смещению частоты 5×10^{-10})	10,0 (соответствует начальному смещению частоты 1×10^{-8})
b	$1,16 \times 10^{-5}$ (соответствует дрейфу частоты 1×10^{-9} /день)	$2,3 \times 10^{-4}$ (соответствует дрейфу частоты 2×10^{-8} /день)
c	1000	1000

Генераторы оборудования синхронной цифровой иерархии (SEC)

Оборудование синхронной цифровой иерархии содержит генераторы (SEC), синхронизируемые от PRC. При повреждениях цепи синхронизации генераторы SEC переходят в режим удержания, далее следует режим свободных колебаний или несинхронизированный режим. SEC – это часть оборудования SDH, функции которого определены в Рекомендации G.783 как функции источника синхронизации синхронного оборудования (Synchronous Equipment Timing Source – SETS). Характеристики этих генераторов выбираются таким образом, чтобы были выполнены требования в отношении джиттера в сети SDH для компонентных плезиохронных потоков. В несинхронизированном режиме точность выходной частоты SEC не должна быть больше, чем 4.6 ppm по отношению к частоте PRC. Это требование должно выполняться в течение определенного интервала времени, длительность которого изучается; это может быть один месяц или один год.

В таблице 7.4 приведены предельно допустимые значения максимальной ошибки времени на интервале в режиме синхронизации.

Таблица 7.4 – Значения МТІЕ для SEC

Предельное значение МТІЕ, нс	Интервал наблюдения S , с
40	$0,1 < S \leq 1$
$40 \times S^{0,1}$	$1 < S \leq 100$
$25,25 \times S^{0,2}$	$100 < S \leq 1000$

В оборудовании SDH генераторы SEC могут быть подключены с использованием следующих входных и выходных интерфейсов:

- интерфейс 1544 кбит/с (Рекомендация G.703.2),
- внешний интерфейс 2048 кГц (Рекомендация G.703.10),
- интерфейс 2048 кбит/с (Рекомендация G.703.6),
- интерфейсы линейных сигналов STM-N.

В ходе курсового проектирования необходимо спроектировать схему сети ТСС. В ней указываются источники получения сигналов синхронизации, порядок их распределения на сети связи, а также место установки и вид оборудования синхронизации, необходимого для надежной синхронизации цифровой сети.

При проектировании сети ТСС следует придерживаться некоторых общих правил, рассмотренных ниже.

1. При определении основных и резервных путей прохождения синхросигналов учитывается тот факт, что основными направлениями передачи синхросигналов должны быть следующие:

- от PRC или от точки подключения к базовой сети ТСС до SSU, установленного на данной сети;
- от основного SSU на цифровой сети во все направления, кроме направления, откуда SSU получает синхросигнал;
- от дополнительных SSU во все стороны, кроме направления, откуда SSU получает синхросигналы.

2. На участки цифровой сети по возможности должны поступать синхросигналы как от основного, так и от резервного источника синхронизации. Если на какой-либо узел связи невозможно организовать двух путей подачи синхросигналов, то на нем должна устанавливаться аппаратура синхронизации (SSU) или SEC коммутационной станции, расположенная на данном узле, должна иметь режим удержания, который обеспечивает на время ремонта выполнение требований ITU-T на допустимые проскальзывания.

3. В случае кольцевой структуры сети и получения синхронизации от резервного источника (авария основного) необходимо, чтобы направление резервного пути передачи синхросигнала по возможности на ряде участков сети совпадало с направлением основного пути, так как при этом в процессе реконфигурации задействовано минимальное число генераторов сетевого элемента.

В некоторых случаях (например, при линейной цепи) резервные пути передачи имеют в основном обратное направление по отношению к основным путям. По резервному направлению при синхронизации от основного

направления передается сообщение о статусе синхронизации, запрещающее использование сигналов с этого направления.

4. При любых условиях передачи сигналов синхронизации необходимо исключить возможность образования замкнутых петель. Если сеть связи на основе СП SDH образует несколько колец, то во избежание образования замкнутых петель обмен синхросигналами между кольцами должен, как правило, идти в одну сторону (от главных колец к вспомогательным).

5. Определяя приоритеты для входов синхронизации оборудования связи, необходимо исходить из следующих соображений:

- приоритеты входов синхронизации должны устанавливаться таким образом, чтобы по первому приоритету поступал сигнал от PRC по самому короткому и надежному пути;

- в сетевом элементе, если он различает качество источников синхросигнала (SSM-биты), т.е. выбирает синхросигнал сначала по качеству источника, а лишь потом по приоритету, первый приоритет может устанавливаться для синхросигнала с более низким уровнем качества, т.е. практически для резервного источника, а второй – для синхросигнала с более высоким уровнем качества; это позволяет получать синхросигнал от резервного источника при ухудшении качества основного источника синхросигнала;

- если аппаратура не способна различить качество источников синхросигнала, то устанавливаемый приоритет должен учитывать возможное качество поступающего синхросигнала и быть тем выше (меньше номер), чем выше данное качество.

Приоритеты указываются на входах, с которых могут поступать сигналы синхронизации в аппаратуру. Внутренний генератор аппаратуры всегда автоматически имеет последний приоритет и на схеме может не указываться.

6. При установке (записи) данных о качестве источника сигналов синхронизации на входах мультиплексоров и их передаче по сетям SDH необходимо учитывать следующее:

- информация о качестве источника синхронизации передается в виде сообщений SSM-бит, а также может передаваться в последовательности 2,048 Мбит/с;

- уровни качества источника синхронизации, которые должны присваиваться данному входу мультиплексора SDH, обозначают Q с индексом, значения которого приведены в таблице 7.5;

- резервному синхросигналу рекомендуется присваивать уровень качества источника синхронизации ниже или такой же, что и у основного синхросигнала, т.е. основное направление передачи сигнала должно иметь уровень качества источника синхронизации не хуже, чем можно получить в резервном синхросигнале;

Таблица 7.5 – Характеристики качества источника сигналов синхронизации

Тип источника синхронизации	Обозначен. качества Q_L	Характерист. качества	SSM-код	Дополнительные указания
PRC	2	Наивысшее	0010	Соотв. Рек. G.811
SSU-A	4	Высокое	0100	Соотв. Рек. G.812.1
SSU-B	8	Среднее	1000	Соотв. стандарту ETSI 300 462-7-1-1
SEC	11	Низкое	1011	Соотв. Рек. G.813.1
DNU	15	Непригодное	1111	Для синхронизации использовать нельзя

Примечание.

$Q_L = 2$ – синхросигнал гарантированно поступает от эталонного источника или просто является самым лучшим для данной сети ТСС;

$Q_L = 4$ – синхросигнал может не соответствовать сигналу эталонного источника, но его характеристики приемлемы для синхронизации сети. Синхросигнал с качеством $Q_L = 4$ может быть резервным источником синхронизации;

$Q_L = 8$ – сигнал от резервного источника, который может использоваться на сети ограниченное время (на период устранения аварий);

$Q_L = 11$ – синхросигнал не пригоден для синхронизации сети и может использоваться лишь для синхронизации сетевого элемента SDH;

$Q_L = 15$ – запрещает использовать этот сигнал для синхронизации;

$Q_L = 0$ – показывает, что качество данного синхросигнала не известно. Если на аппаратуру поступает SSM-код вида 0000 ($Q_L = 0$), то для дальнейшей передачи на сети этот код необходимо заменить

– на местных сетях индекс «2» у Q означает, что приоритет должен предоставляться сигналу, поступающему от магистральной сети, при условии, что по СП SDH не поступает другой сигнал о качестве источника синхронизации. Другие данные о качестве сигнала синхронизации распределяются в соответствии со структурой сети («4» и «8» представляют резервные источники синхронизации).

7. Для выходных синхросигналов мультиплексоров SDH T_4 при необходимости указывается качество источника, при котором синхросигнал не отключается.

8. Структурный анализ сети, проводимый при проектировании сети ТСС, включает проверку:

– цепей синхронизации по критерию максимально допустимого количества сетевых элементов в соответствии с классом присоединения к базовой сети ТСС;

– количества последовательно синхронизируемых генераторов (SSU, SEC) в цепях синхронизации в соответствии с классом присоединения;

– количества сетевых элементов между последовательно синхронизируемыми SSU (не более 20);

– отсутствия петель по синхронизации.

Все перечисленные проверки следует проводить с учетом реконфигурации схемы синхронизации при различных видах аварий на сети.

10. Для обеспечения живучести системы ТСС рекомендуется использовать резервный источник синхронизации в случае аварий, приводящих к потере сигнала синхронизации от PRC.

11. Для определения однозначности реконфигурации при аварийных ситуациях ко всем ГСЭ должны поступать сообщения о качестве источника синхронизации, соответствующие приведенным в таблице 7.5.

Пример организации сети ТСС приведен на схеме, представленной на рисунке 7.6. На схеме должны быть указаны точки получения основного и резервного сигналов синхронизации кольца, основные и резервные пути распределения сигналов синхронизации по сети, описан механизм восстановления синхронизации при одиночном повреждении на сети. Приоритеты источников синхронизации сетевых элементов должны быть представлены в виде таблицы 7.6.

Таблица 7.6 – Приоритеты источников синхронизации сетевых элементов

Приоритет	Узел 1	Узел 6	Узел 8
1	Внешний S1,2M, G.811	Слот 12, STM-16	Слот 9, STM-16
2	Слот 9, STM-16	Внешний S1,2M, G.812T	Слот 12, STM-16
3	Внутренний	Внутренний	Внутренний

В таблице 7.6 оборудование узла 1 синхронизируется от PRC (приоритет 1), линейного сигнала (приоритет 2), от собственного генератора (приоритет 3). Узел 6, в случае выхода из строя PRC и ухудшения качества сигнала синхронизации по приоритету 1, переходит на синхронизацию от SSU (приоритет 2). Узел F получает сигналы синхронизации из линейного сигнала.

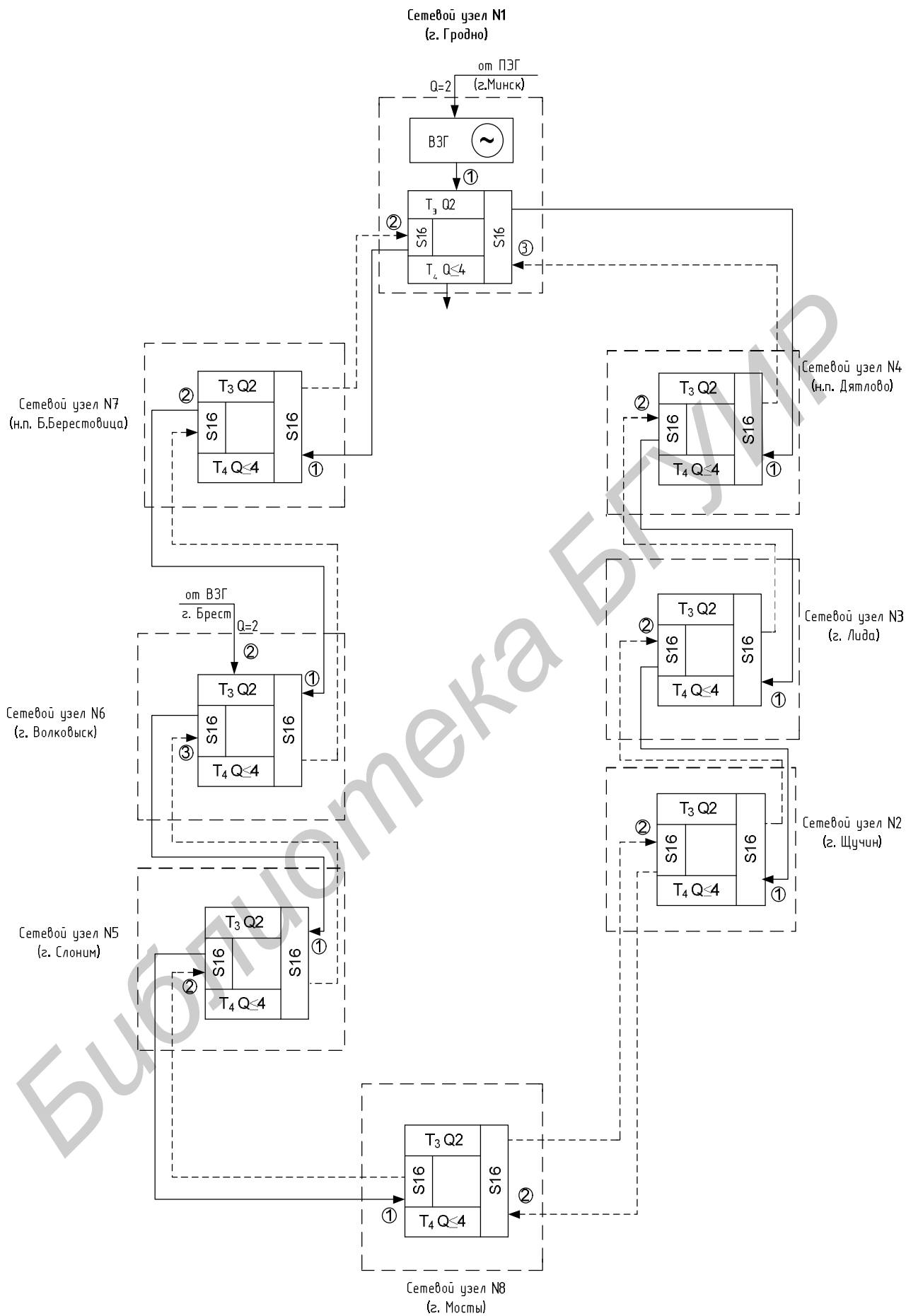


Рисунок 7.6 – Схема организации сети ТСС

ЛИТЕРАТУРА

1. Моченов, А. Д. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей / А. Д. Моченов, В. Н. Гордиенко, В. В. Крухмалев. – М. : Горячая линия – Телеком, 2004. – 510 с.
2. Давыдкин, П. Н. Тактовая сетевая синхронизация / П. Н. Давыдкин, М. Н. Колтунов, А. В. Рыжков. – М. : Эко-Трендз, 2004. – 208 с.
3. Власов, И. И. Измерения в цифровых сетях связи / И. И. Власов, М. М. Птичников. – М. : Постмаркет, 2004. – 432 с.
4. Фриман, Р. Волоконно-оптические системы связи / Р. Фриман. – М. : Техносфера, 2004. – 440 с.
5. Убайдуллаев, Р. Р. Волоконно-оптические сети / Р. Р. Убайдуллаев. – М. : Эко-Трендз, 1998. – 267 с.
6. Тверецкий, М. С. Многоканальные телекоммуникационные системы : учеб. для вузов / М. С. Тверецкий, В. Н. Гордиенко. – М. : Горячая Линия – Телеком, 2005. – 416 с.
7. Слепов, Н. Н. Современные технологии цифровых волоконно-оптических сетей связи / Н. Н. Слепов. – М. : Радио и связь, 2000. – 468 с.
8. Колинько, Т. Измерения в цифровых системах связи. Практическое руководство / Т. Колинько. – М. : ВЕК, 2002. – 315 с.
9. Битнер, В. И. Нормирование качества телекоммуникационных услуг / В. И. Битнер, Г. Н. Попов. – М. : Горячая Линия – Телеком, 2004. – 312 с.
10. Бакланов, И. Г. Технологии измерений в современных телекоммуникациях / И. Г. Бакланов. – М. : Эко-Трендз, 1998. – 139 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Число линий в зависимости от нагрузки (в эрлангах) для полнодоступного пучка при потерях $P = 0,01$ (1 %)

Кол-во линий	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	0,01	0,153	0,455	0,869	1,361	1,909	2,501	3,128	3,783
10	4,461	5,16	5,876	6,607	7,351	8,108	8,875	9,652	10,437	11,23
20	12,031	12,838	13,651	14,47	15,295	16,125	16,959	17,797	18,64	19,487
30	20,337	21,191	22,048	22,909	23,772	24,638	25,507	26,378	27,252	28,129
40	29,007	29,888	30,771	31,656	32,543	33,432	34,322	35,215	36,109	37,004
50	37,901	38,8	39,7	40,6	41,5	42,41	43,31	44,22	45,13	46,04
60	46,95	47,86	48,77	49,69	50,6	51,52	52,44	53,35	54,27	55,19
70	56,11	57,03	57,96	58,88	59,8	60,73	61,65	62,58	63,51	64,44
80	65,35	66,29	67,22	68,15	69,08	70,02	70,95	71,88	72,81	73,75
90	74,68	75,62	76,56	77,49	78,43	79,37	80,31	81,24	82,18	83,12
100	84,06	85,00	85,95	86,89	87,83	88,77	89,72	90,66	91,6	92,55
110	93,49	94,44	95,38	96,33	97,28	98,22	99,17	100,12	101,07	102,01
120	102,96	103,91	104,86	105,81	106,76	107,71	108,66	109,62	110,57	111,52
130	112,47	113,42	114,38	115,33	116,28	117,24	118,19	119,14	120,1	121,05
140	122,01	122,96	123,92	124,88	125,83	126,79	127,75	128,7	129,66	130,62
150	131,58	132,53	133,49	134,45	135,41	136,37	137,33	138,29	139,25	140,21
160	141,17	142,13	143,09	144,05	145,01	145,97	146,93	147,89	148,86	149,82
170	150,78	151,74	152,71	153,67	154,63	155,6	156,56	157,52	158,49	159,45
180	160,42	161,38	162,34	163,31	164,27	165,24	166,21	167,17	167,14	169,1
190	170,07	171,03	172,00	172,97	173,93	174,9	175,87	176,84	177,8	178,77
200	179,74	180,71	181,67	182,64	183,61	184,58	185,55	186,52	187,48	188,45

Учебное издание

Тарченко Надежда Владимировна

***КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ СЕТЕЙ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ НА ОСНОВЕ ОБОРУДОВАНИЯ SDN***

Учебно-методическое пособие

по дисциплине

«Проектирование цифровых систем передачи»

для студентов специальности

I-45 01 01 «Многоканальные системы телекоммуникаций»

дневной и заочной форм обучения

Редактор Т. П. Андрейченко

Корректор М. В. Тезина

Подписано в печать 12.11.2007.

Гарнитура «Таймс».

Уч.-изд. л. 5.0.

Формат 60×84 1/16.

Печать ризографическая.

Тираж 200 экз.

Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 5,0.

Заказ 238.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ №02330/0056964 от 01.04.2004. ЛП №02330/0131666 от 30.04.2004.
220013, Минск, П. Бровки, 6