

## ИЗУЧЕНИЕ МУЛЬТИПЛЕКСОРОВ СЕТЕЙ SDN

### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение практической реализации мультиплексоров сети синхронной цифровой иерархии **TN-1X (Transport Node 1X)** фирмы **Northern Telecom** и установление необходимых маршрутных соединений для организации связи на участке транспортной сети заданной топологии с мультиплексорами **TN-1X**.

### 2. ЗАДАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ

#### 2.1. Задание по теоретической части

1. Изучить назначение, структурную схему и комплектацию **TN-1X**.
2. Привести функциональную модель процесса мультиплексирования потока
3. **E12** в агрегатный сигнал **STM-1** в терминах архитектурного представления с указанием основных параметров сигналов на выходах функций адаптации и завершения во всех сетевых слоях. Варианты заданий приведены в табл. 2.

#### 2.2. Задание по расчетной части

Определить положение трибутарного блока **TU-12** для заданного потока **E12** в цикле тракта высокого порядка **VC-4**. Для топологии точка-точка необходимые исходные данные приведены в табл. 4.

#### 2.3. Задание по экспериментальной части

С целью организации связи установить для заданного потока **E12** необходимые соединения компонентных и агрегатных портов и проверить правильность соединения. Вариант задания определяет преподаватель.

### 3. Методические указания к выполнению лабораторной работы

#### 3.1. Методические указания к изучению теоретической части

Мультиплексоры **TN-1X** разработаны для создания агрегатного сигнала уровня **STM-1** из компонентных потоков **E12**, **E31** и **E32**. Кроме того, возможен режим работы, при котором четыре потока **STM-1** мультиплек-

сигналы в агрегатный сигнал **STM-4**. Варианты режимов работы мультиплексов **TN-1X** с параметрами электрических и оптических портов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Компонентные сигналы		Компонентные порты		Агрегатные сигналы		Агрегатные порты	
Обозначение	Скорость передачи, кбит/с	Колич. Электр.	Колич. Опт.	Обозначение	Скорость передачи, кбит/с	Колич. Электр.	Колич. Опт.
E12	2 048	≤ 63	–	STM-1	155 520	≤ 2	≤ 2
E31	34 368	≤ 4	–	STM-1	155 520	≤ 2	≤ 2
E32	45 736	≤ 4	–	STM-1	155 520	≤ 2	≤ 2
STM-1	155 520	≤ 4	≤ 4	STM-4	622 080	–	≤ 2

Примечание. При организации плезиохронных третичных цифровых трактов только три порта могут использоваться одновременно.

Для организации передачи сигналов STM-1 могут использоваться электрические или оптические порты.

Мультиплексы **TN-1X** могут работать в сетевых топологиях, приведенных на рис.1–3, как в качестве оконечных мультиплексов **ТМ**, так и мультиплексов ввода-вывода **АДМ** (табл.2).

Таблица 2

Топологии участков сети и мультиплексы

Вариант	Топология	Мультиплексы
1	Точка–точка	ТМ – ТМ
2	Линейная цепь с функциями ввода–вывода	ТМ – ТМ
3	Линейная цепь с функциями ввода–вывода	АДМ – ТМ
4	Кольцо	АДМ – АДМ
5	Кольцо	АДМ – АДМ – АДМ

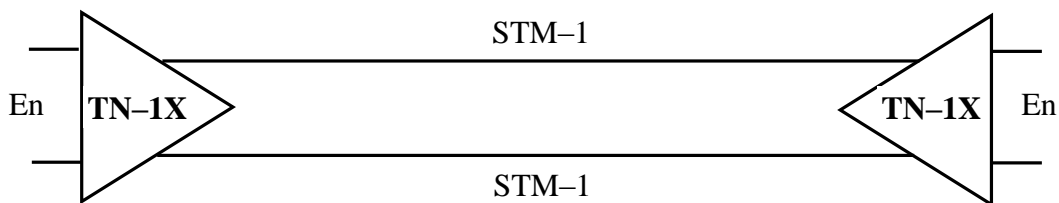


Рис. 1. Топология сети точка–точка

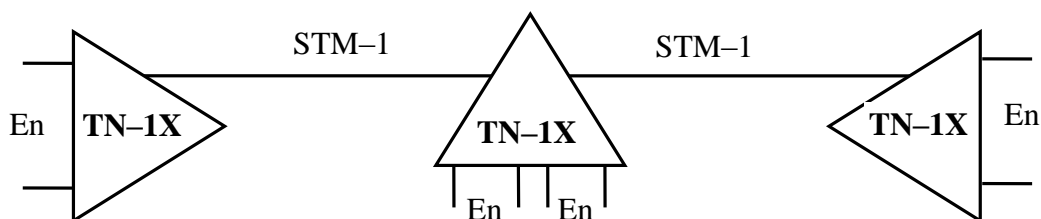


Рис. 2. Топология сети: линейная цепь с функциями ввода-вывода

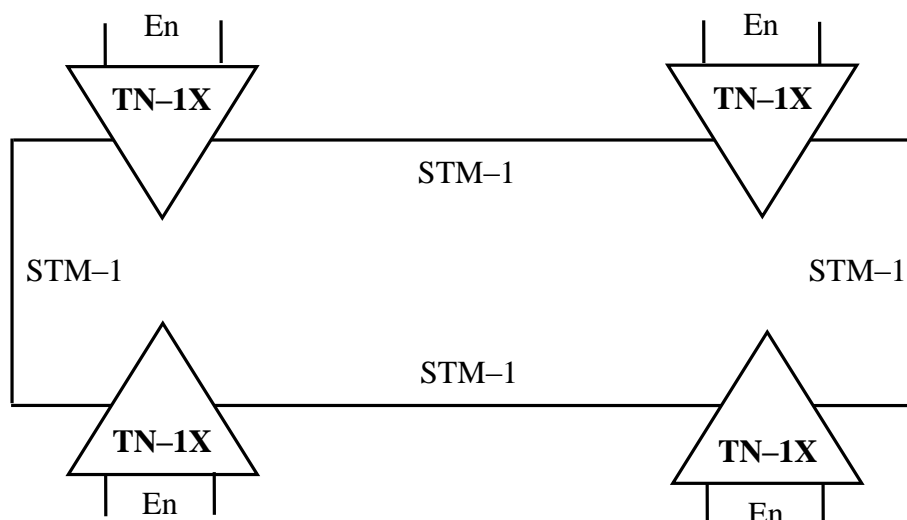


Рис. 3. Топология кольцо

Структурная схема TN-1X приведена на рис.4, сокращения в названиях блоков и сигналов – в табл.3.

Таблица 3

Номер рисунка	Сокращенное название	Полное название	Интерпретация на русском
4		Payload Manager (Main)	Блок управления полезной нагрузки (Основной)
4		Payload Manager (Standby)	Блок управления полезной нагрузки (Резервный)
4	EOW	Engineering Order Wire	Канал служебной связи
5	ASIC	Application Specific Integrated Circuit	Специализированная интегральная схема (компактная схема, разработанная для быстрого выполнения определенных приложений)
5	S	Sequential	Последовательный
5	P	Parallel	Параллельный
5	TSI	Time Slot Interchange	Обмен тайм-слотами (временными интервалами).

Компонентные потоки в интерфейсе G.703 через соответствующие трибутарные блоки поступают в блок управления и коммутации полезной нагрузки (**payload manager**). Кроме основного (**main**) блока, имеется также резервный блок (**standby**). Затем сигнал поступает в агрегатный блок, который также резервируется. Таким образом, каждый блок управления и коммутации полезной нагрузки имеет последовательный интерфейс с каждым компонентным и агрегатным блоками. Все интерфейсы состоят из трех линий в каждом направлении, по которым, кроме сигнала со скоростью 155520 кбит/с, передаются сигналы тактовой синхронизации 155520

кГц и сигнал сверхцикловой синхронизации (данный сверхцикл содержит 48 циклов) с частотой 166,67 Гц.

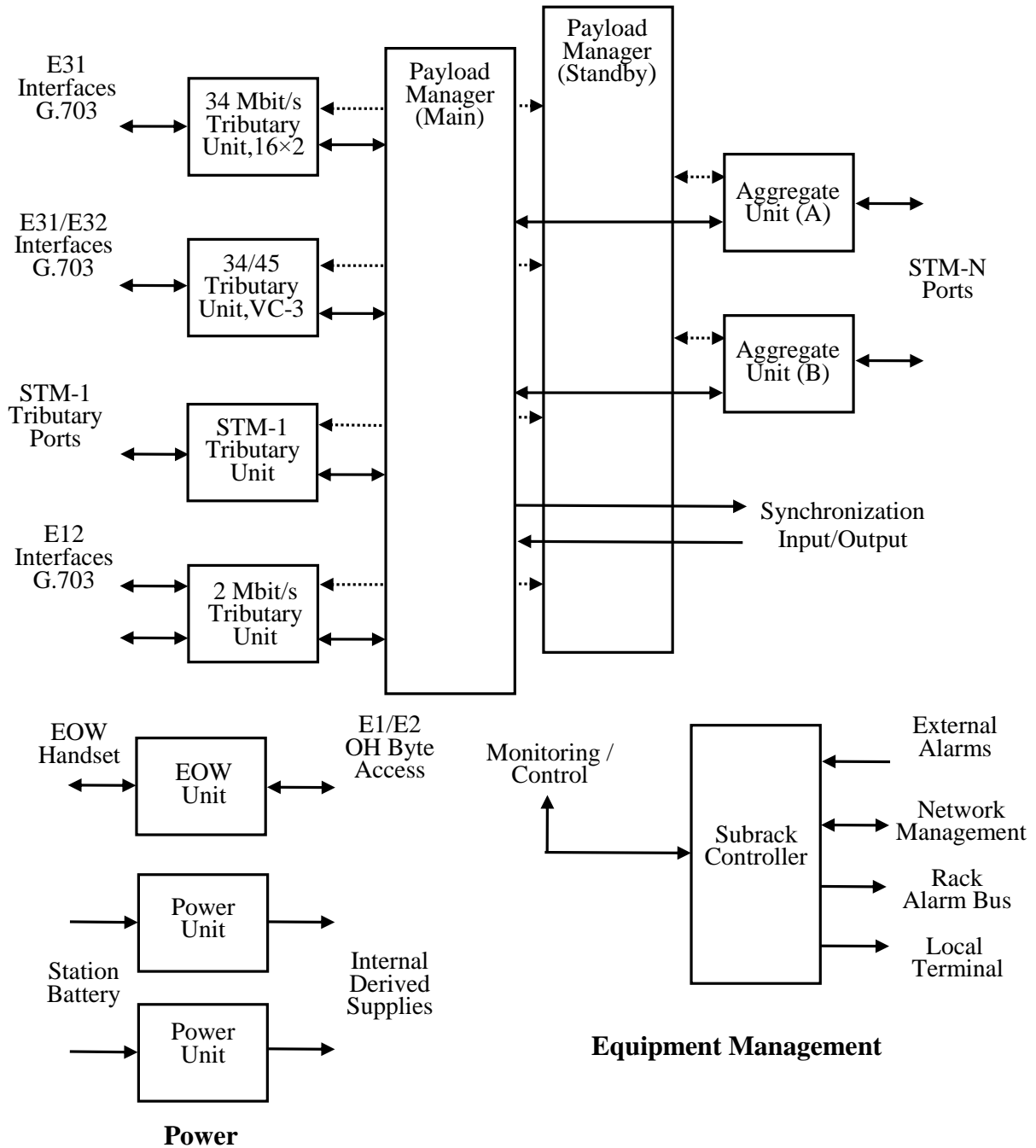


Рис. 4. Структурная схема TN-1X

На рис.4 приведены также блоки питания и блок контроля и сигнализации (**subrack controller**). Кроме того, через блок служебной связи **EOW (Engineering Order Wire)** имеется доступ к байтам **E1/E2** секционного заголовка.

Процесс преобразования сигналов в мультиплексоре **TN-1X** представлен на рис.5. Комплектация мультиплексора приведена на рис.6.

Основным элементом агрегатных блоков **STM-1 А** и **В (Aggregate Unit)** является процессор **ASIC**, в котором осуществляется функция завершения путем создания и чтения секционных заголовков, а также функция адаптации, которая заключается в определении положения указателя административного блока.

В блоках **S/P** осуществляется переход от последовательного порта в параллельный.

В блоке управления полезной нагрузки (**Payload Manager**) предварительно читается в направлении приема указатель административного блока, после этого определяется и анализируется трактовый заголовок виртуального контейнера четвертого порядка, определяются указатели трибутарных блоков, затем функция соединения осуществляет коммутацию трибутарных блоков.

Если сигналы **E12** выделяются в данном мультиплексоре, то процесс выделения его из **TSI** показан ниже. В этом случае определяется и читается указатель трибутарного блока, читается трактовый заголовок **VC-12** и производится разборка контейнера **C-12**.

Разработка функциональной модели процедуры мультиплексирования в терминах архитектуры и определение основных параметров сигналов могут быть выполнены по вариантам табл. 2.

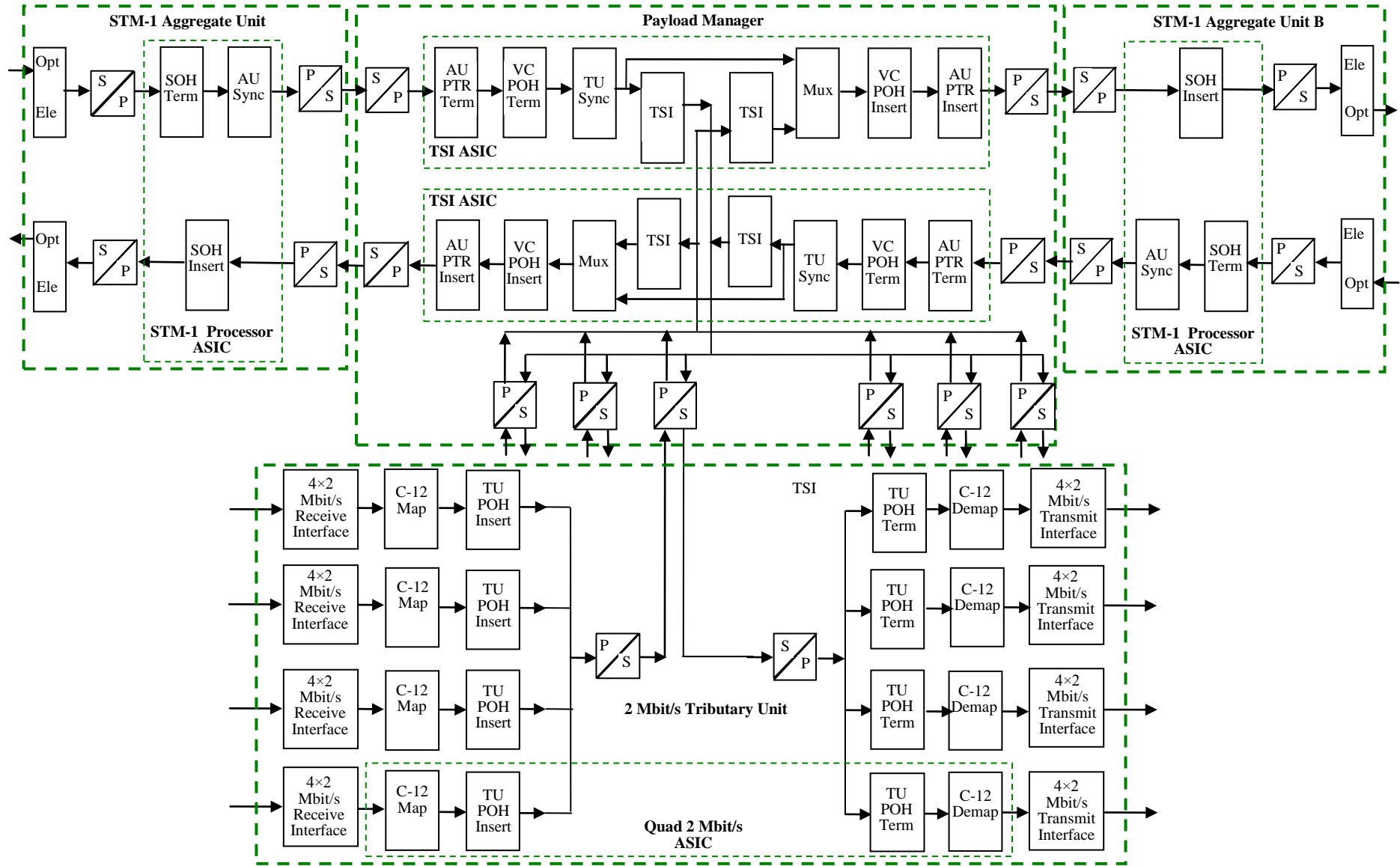


Рис. 5. Преобразование сигналов в мультиплексоре TN-1X

1	6	11	16	21	26	34	42	47	52	57	62	71	80		
S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14		
EOW Unit	Tribu- tary Unit	1:N Protec- tion Tribu- tary Unit/Sp are	Tribu- tary Unit	Payload Mana ger A	Aggre- gate Unit A	Aggre- gate Unit B	Payload Mana ger B	Tribu- tary Unit	Spare	Tribu- tary Unit	Power Unit	Power Unit	Sub- rack Con- troller		
Fibre Storage Tray Local Craft Access Panel															
Flex- ible Ac- cess Mod ule	Low Speed Ports 1 to 8 (S2)	Low Speed Ports 9 to 16 (S2)	Not Used	Low Speed Ports 1 to 8 (S4)	Low Speed Ports 9 to 16 (S4)	High Speed Aggre- gate Ports	Star Card	High Speed Aggre- gate Ports	Low Speed Ports 1 to 8 (S9)	Low Speed Ports 9 to 16 (S9)	Not Used	Low Speed Ports 1 to 8 (S11)	Low Speed Ports 9 to 16 (S11)	Not Used	Sta- tion Ser- vice Mod- ule
T1 1	T2 10	T3 15	T4 20	T5 25	T6 30	T7 35	T8 40	T9 45	T10 50	T11 55	T12 60	T13 65	T14 70	T15 75	T16 80

Рис. 6. Комплектация TN-1X

### 3.2. Методические указания по выполнению расчетной части

Местоположение компонентного потока **TU-12** в цикле **VC-4** может быть определено по адресу трибутарного блока по структуре цикла **VC-4** (рис. 7 – 9). Для сигнала TU-12 в цикле **VC-4** используются четыре столбца или четыре колонки. Кроме того, номера столбцов или колонок могут быть рассчитаны по формуле:

$$X(i) = 10 + (K - 1) + 3 \cdot (L - 1) + 21 \cdot (M - 1) + 63 \cdot (i - 1),$$

где  $i$  принимает значения от 1 до 4,

$K$  – номер TUG-3 в VC-4 от 1 до 3,

$L$  – номер TUG-2 в TUG-3 от 1 до 7,

$M$  – номер TU-12 в TUG-2 от 1 до 3.

На рис. 10 показан ввод потоков E12 в **STM-1** в мультиплексоре **TN-1X**.

Исходные данные для выполнения работы могут быть заданы преподавателем. Примеры приведены в табл. 4.

Таблица 4

Исходные данные								
Вариант	Номер рабочего места	Агрегатные блоки					Компонентные блоки	
		Aggregate Unit	AU4	K	L	M	Tributary Unit	Номер порта
01	1	S6	J1	1	1	1	S2	1
02	1	S6	J1	2	2	1	S2	2
03	1	S6	J1	3	3	2	S2	3
04	1	S6	J1	3	4	3	S2	4
05	1	S6	J1	2	5	3	S2	1
06	1	S7	J1	1	6	2	S2	2
07	1	S7	J1	1	7	1	S2	3
08	2	S7	J1	2	7	1	S11	4
09	2	S7	J1	3	6	2	S11	1
10	2	S7	J1	3	5	3	S11	2
11	2	S6	J1	2	4	3	S11	3
12	2	S6	J1	1	3	2	S11	4
13	2	S6	J1	1	2	1	S11	1
14	2	S6	J1	2	1	1	S11	2
15	3	S6	J1	3	1	2	S2	3
16	3	S7	J1	3	2	3	S2	4
17	3	S7	J1	2	3	3	S2	1
18	3	S7	J1	1	4	2	S2	2
19	3	S7	J1	1	5	1	S2	3
20	3	S7	J1	2	6	1	S2	4
21	3	S6	J1	2	7	2	S2	1
22	4	S6	J1	3	7	2	S2	2
23	4	S6	J1	3	6	3	S2	3
24	4	S6	J1	2	5	3	S2	4
25	4	S6	J1	1	4	2	S2	1



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	...	256	257	258	259	260	261	Номер столбца VC-4	
VC-4 P O H				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	...	1	2	3	1	2	3	Номер временного интервала	
																																						...							Адрес:
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	...	1	2	3	1	2	3	К	
				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	L
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	M	

Рис. 7. Нумерация TU-3 в VC-4

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	...	256	257	258	259	260	261	Номер столбца VC-4	
VC-4 P O H										1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	1	2	3	4	5	6	...	16	17	18	19	20	21	Номер временного интервала	
											1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	...	1	2	3	1	2	3	Адрес:
											1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	1	1	1	2	2	2	...	6	6	6	7	7	7	L
											0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	M

Рис. 8. Нумерация TU-2 в VC-4

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	...	256	257	258	259	260	261	Номер столбца VC-4	
VC-4 P O H										1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	...	58	59	60	61	62	63	Номер временного интервала	
											1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	...	1	2	3	1	2	3	Адрес:
											1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	1	1	1	2	2	2	...	6	6	6	7	7	7	L
											1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	...	3	3	3	3	3	3	M

Рис. 9. Нумерация TU-12 в VC-4

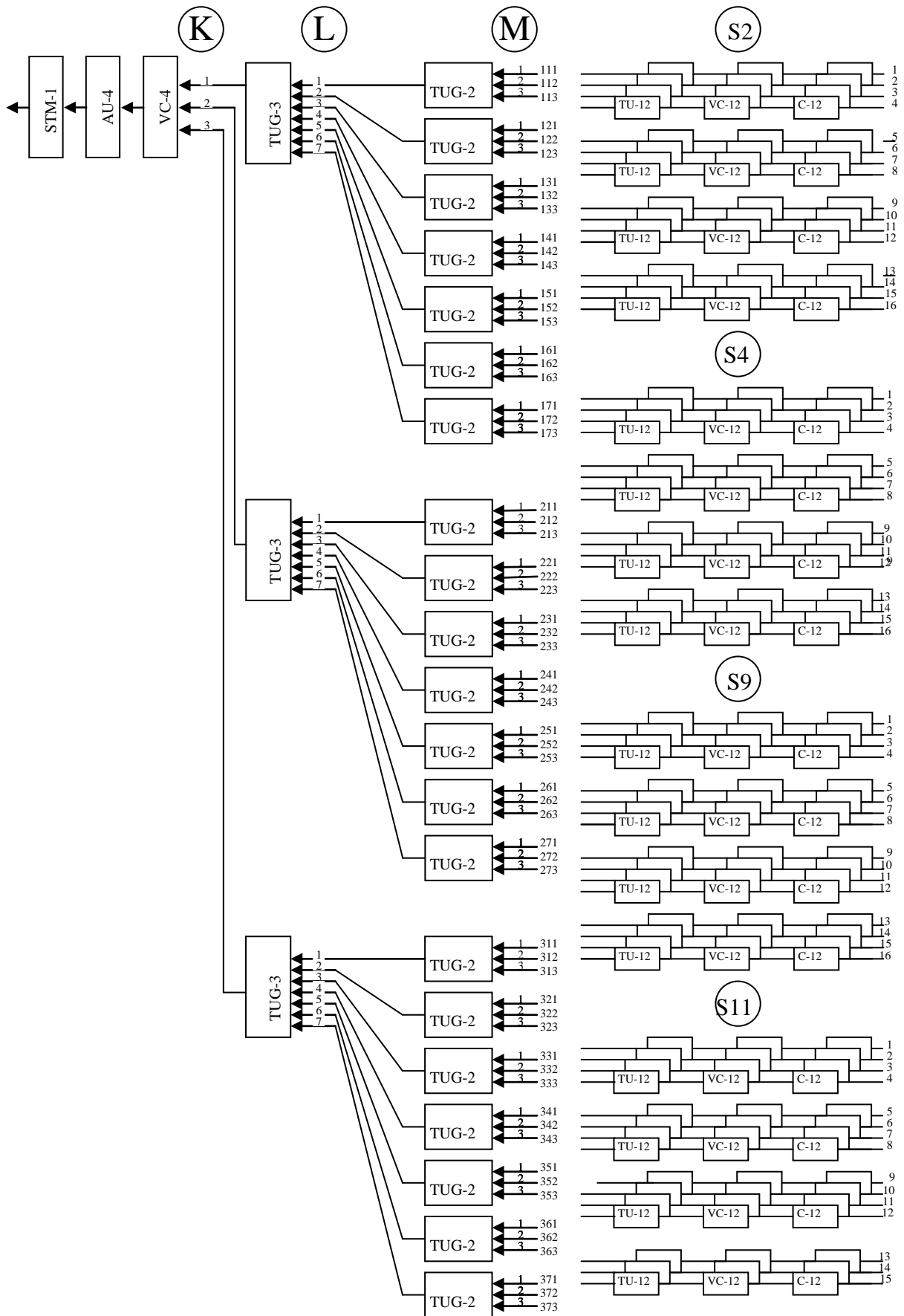


Рис. 10. Ввод компонентных потоков 2 Мбит/с в STM-1, используемый в мультиплексоре TN-1X фирмы Northern Telecom

### 3.3. Методические указания к выполнению экспериментальной части

Экспериментальная часть работы состоит в установлении соединения для потока со скоростью 2 Мбит/с между двумя мультиплексорами **MUX-1 – MUX-2** или **MUX-3 – MUX-4** в соответствии с Заданием и проверке правильности установки этого соединения.

Для выполнения эксперимента необходимо:

1. Обеспечить доступ к программному обеспечению **TN-1X**.
2. Удалить все ранее установленные соединения.
3. Удалить все ранее установленные шлейфы.
4. Установить новое соединение согласно Заданию. Примеры заданий приведены в табл. 5, оборудование – на рис. 11 и 12..
5. Подключить «Анализатор PDH» к одному из направлений установленного соединения.
6. Привести обоснование состояния установленного соединения по данным табл. 6 и показаниям «Анализатора PDH» .

Таблица 5

Вариант	Соединение			
	MUX-1		MUX-2	
	Порт	KLM, адрес TU-12 в VC-4	KLM, адрес TU-12 в VC-4	Порт
1	S2-1	111	111	S11-1
2	S2-2	171	171	S11-2
3	S2-3	211	211	S11-3
4	S2-4	311	311	S11-4

Вариант	Соединение			
	MUX-3		MUX-4	
	Порт	KLM, адрес TU-12 в VC-4	KLM, адрес TU-12 в VC-4	Порт
1	S2-1	111	111	S2-1
2	S2-2	171	171	S2-2
3	S2-3	211	211	S2-3
4	S2-4	311	311	S2-4

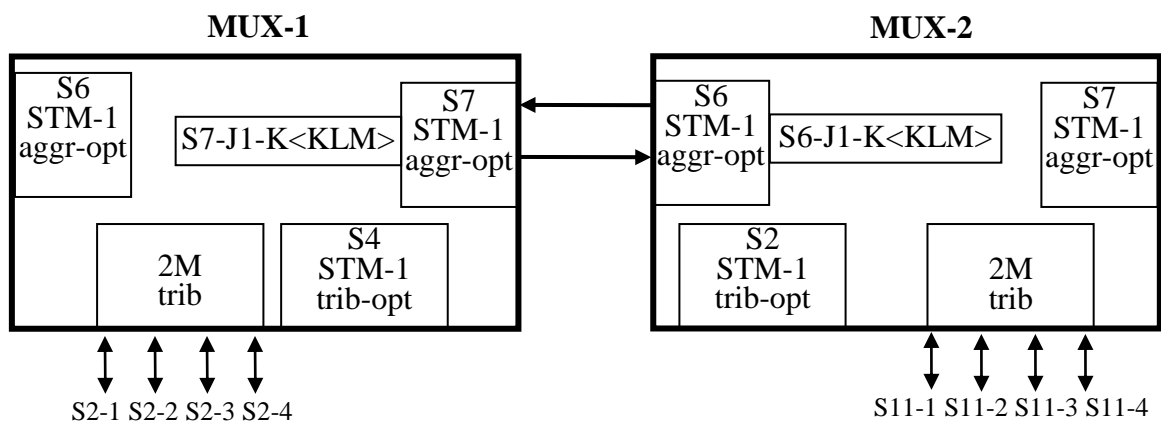


Рис. 11. Оборудование мультиплексоров 1 – 2

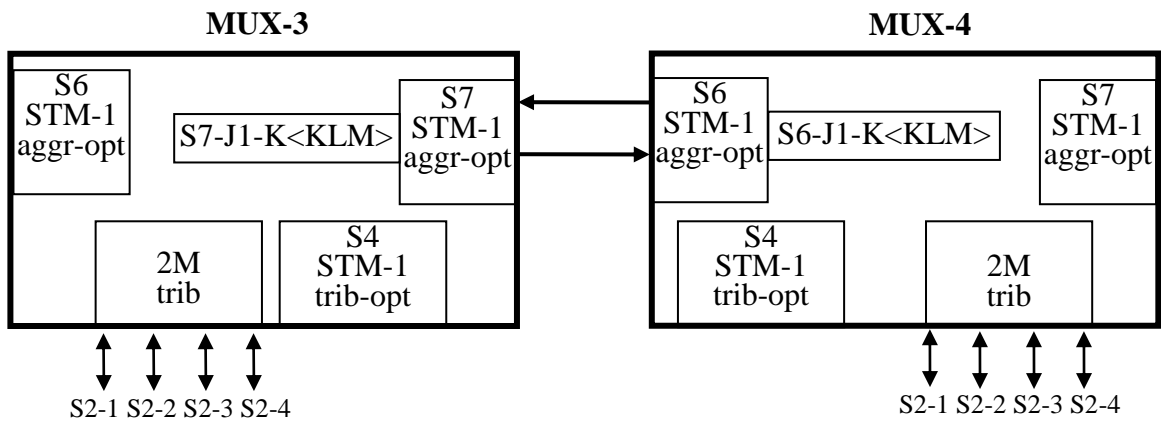


Рис. 12. Оборудование мультиплексов 3 – 4

1. Установление соединения между компьютером и мультиплексором  
**TN-1X**

Возможна следующая последовательность установления соединения между компьютером и мультиплексором **TN-1X**:

- на рабочем столе выберите значок терминала «**PuTTY**»;
- в открывшемся окне (рис. 13) выберите тип соединения «**Serial**» и установите скорость обмена **19200 бит/с**;
- нажмите клавишу «**Open**»;

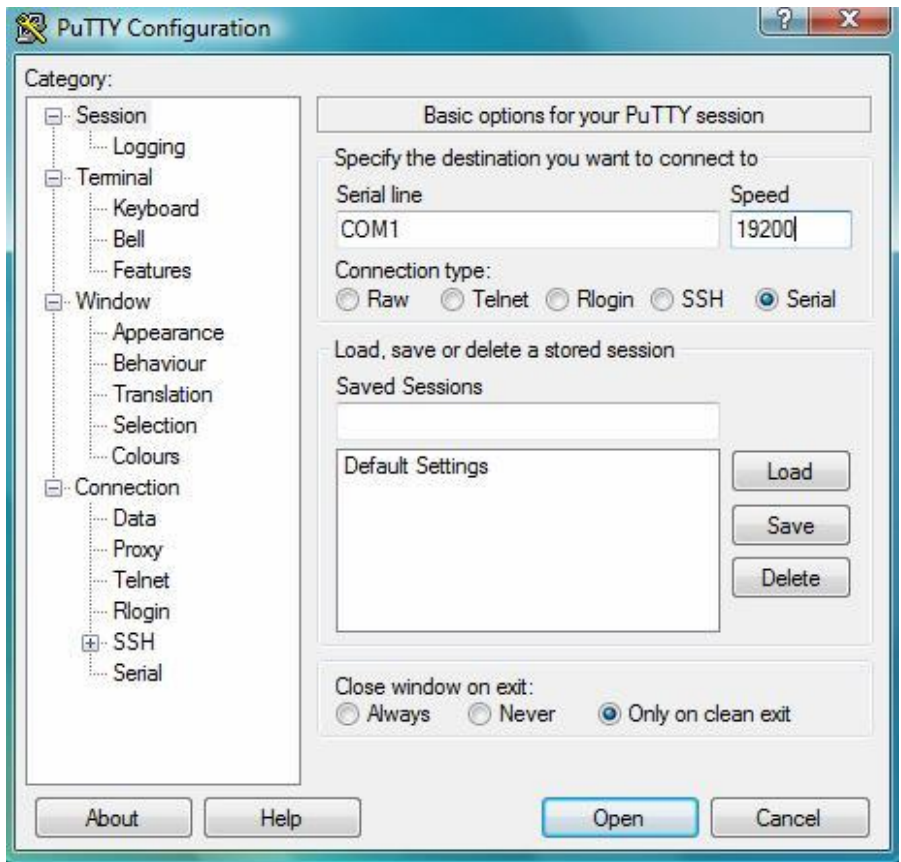


Рис. 13.

- откроется окно Терминала. Если не нравится «белое на черном», то войдите в меню **Change Setting** (левый верхний угол) и установите цвет фона (**Default Background**) и цвет шрифта (**Default Foreground**);
- нажмите клавишу **Enter**;
- отвечайте на запросы Программы:

Запрос Программы	Ответ
login	oper1
password	qwerty
identification	name

Набор символов пароля никак не отражается в рабочем окне. Если все правильно, то на экране появятся сведения о состоянии мультиплексора и **Главное Меню Программы**:

***Config/, View\_status/, Session/, Admin/, Maint/, Diagnostic/, Logout***

Здесь и далее строчные буквы в имени пункта Меню могут быть использованы для его быстрого вызова.

Далее на экране видим отчет о состоянии аварийных сигналов. Полезно ознакомиться с его оформлением и теми сокращениями, которые при этом используются. Фрагмент такого отчета приведен в табл. 6. Примечание с пояснениями на экран не выводится.

Таблица 6

51, Alarm Status							
511,	HP-TIM,	S4-1-J1,	Present,	M,	D,	0447,	STM-1
511,	HP-TIM,	S6-1-J1,	Present,	M,	D,	0739,	o,
511,	HP-TIM,	S7-1-J1,	Present,	M,	D,	0740,	A-1o,
511,	NE-Lan_	S14,	Present,	C	P,	0007,	B-1o,
	Alarm,						SRC.
Примечание.	Аварийные сигналы	Место возникновения	Состояние аварийного сигнала: Present/ Cleared – Присутствует/Очищен	Важность аварийного сигнала: (C)ritical – Критический, (M)ajor – Важный, (m)inor – Незначительный, Disconnected (X) – Отключившийся	Категория аварийного сигнала: (P)rompt – Срочный, (D)eferred – Отложенный, (i)nstation – Текущий, (W)arning – Предупреждение	Уникальное число (1 ÷ 65535)	Вид трафика

Для пользования многоуровневым Меню желательно запомнить вспомогательные команды, которые завершают перечень команд каждого подменю:

***\*=up, ~=root***

Первая команда позволяет вернуться по Меню на один шаг назад

***\*=up (\*Enter),***

вторая – вернуться в Главное Меню

***~=root(Shift+~).***

Программным обеспечением мультиплексора предусмотрено ограничение неиспользуемого времени сеанса соединения длительностью 15 минут, после чего соединение разрывается. Для ликвидации этого неудобства можно вести команду, которая снимает это ограничение:

***Session / Auto\_logout / set 0 (s a s 0).***

При желании можно установить текущую дату и время. Для этого можно ввести команду:

***Maint /Operations / Clock / align <dd/mm/yyyy> <hh:mm:ss>.***

## 2. Удаление соединений.

Снятие ранее установленных соединений следует начать с просмотра существующих соединений. Для этого необходимо войти в Меню и набрать

***Config / coNnections / View /Connected,***

для быстрого вызова достаточно набрать строчные буквы, которые соответствуют выделенным заглавным буквам

***(c n v c).***

Далее возможно появление разных сообщений:

- в мультиплексоре есть соединения;
- в мультиплексоре нет соединений.

Если в мультиплексоре есть соединения, то сообщение примерно имеет вид:

***25, Connections  
251, S6-1-J1-K111, S7-1-J1-K111, BI,  
Ulabel = S7-1-J1-K111,***

Если в мультиплексоре нет соединений, то сообщение имеет вид:

***25, Connections;***

При наличии соединений для их удаления следует набрать команду, которая аннулирует все соединения в мультиплексоре

***Config / coNnections / aLl\_disconnect (c n l).***

Затем необходимо проверить, все ли соединения удалены, и набрать команду

***Config / coNnections / View /Connected, (c n v c).***

### 3. Удаление шлейфов

Алгоритм снятия ранее установленных шлейфов аналогичен выше описанному за исключением того, что шлейфы удаляются по одному. Это требует запоминания результатов просмотра. Для просмотра существующих шлейфов следует набрать команду:

***Diagnostic / Loopback / View (d l v)/***

При наличии шлейфа сообщение может иметь вид

***31, Loopback Configuration  
311, S6-1, Loopback = Local.***

В сообщении указан порт (*S6-1*), на котором установлен шлейф.

При отсутствии шлейфа появится сообщение:

***31, Loopback Configuration;***

Для снятия шлейфа необходимо набрать команду:

***Diagnostic / Loopback / Clr S6-1 (d l c S6-1),***

а затем проверить, что шлейф удален. Для этого опять набрать команду

***Diagnostic / Loopback / View (d l v)/***

### 4. Установление новых соединений в TN-1X

В Задании на лабораторную работу указаны адреса трибутарных блоков TU-12 в цикле VC-4 (KLM) для агрегатных портов и номера компонентных портов, между которыми необходимо установить соединение.

Для выполнения соединения в каждом мультиплексоре следует набрать команду:

***Config / coNnections / Connect (c n c)  
<SDH\_aggr\_payload><PDH\_port>,***

где ***<SDH\_aggr\_payload> – S<slot>–J<AU4>–K<KLM>;***  
***<PDH\_port> – S<slot>–<port>.***

Для просмотра соединения необходимо набрать команду  
***Config / coNnections / View /Connected, (c n v c).***

и убедиться, что соединение действительно установлено, если сообщение будет иметь вид:

**25, Connections  
 251, S6-1-J1-K111, S2-5,**

**5. Подключение «Анализатора PDH» к одному из направлений установленного соединения**

На рис. 14 представлен внешний вид кросса цифровых потоков 2 Мбит/с, который в данной работе используется для подключения анализатора. На рисунке указаны номера мультиплексов и номера портов, выведенные на гнезда.

Анализатор PDH (это может быть «Морион Е1») необходимо подключить к порту, соединение с которым Вы устанавливали.

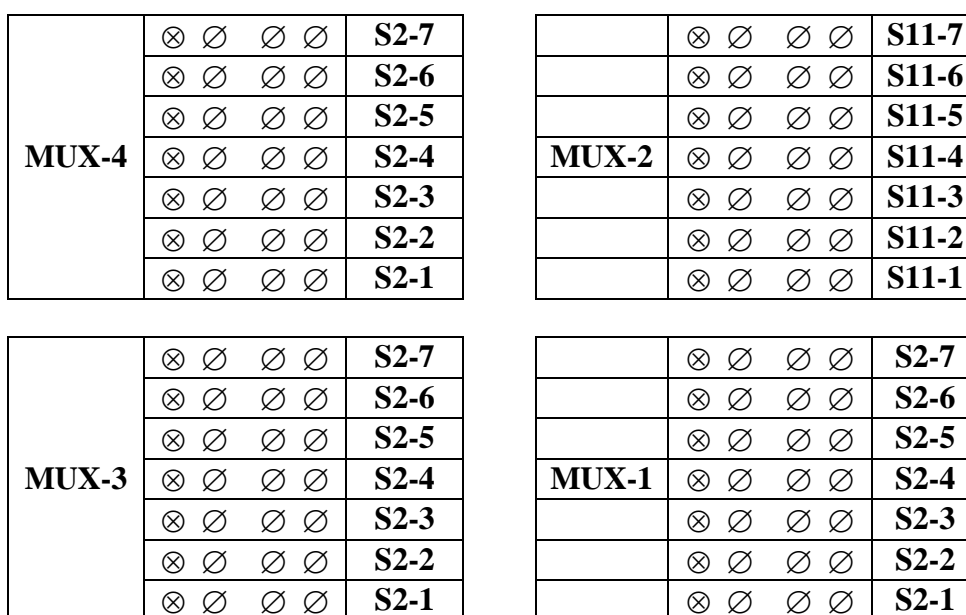


Рис. 14. Кросс потоков 2М

**6. Обоснование состояния установленного соединения**

Если соединение установлено правильно, то в сетевых слоях отсутствуют дефекты (табл. 7). Сигналы аварии выключены. Анализатор PDH показывает отсутствие 10 последовательных SES. Это позволяет обосновать, что для тракта определяется период доступности.



Сигналы дефектов в сетевых слоях

Сетевые слои	Дефекты ближнего конца	Дефекты дальнего конца
VC-12	<b>LP TIM</b> <b>LP PLM</b>	<b>LP RDI</b>
VC-4	<b>HP TIM</b> <b>HP PLM</b> <b>TU LOP</b> <b>HP LOM</b>	<b>HP RDI</b>
STM-1 MS	<b>AU LOP</b>	
STM-1 RS	<b>RS TIM</b> <b>LOF</b>	
STM-1 OS	<b>LOS</b>	

Примечание.

- **LP TIM** (Lower order Path Trace Identifier Mismatch) – несовпадение идентификатора трассы тракта низкого порядка;
- **LP PLM** (Lower order Path Payload Mismatch) – несовпадение полезной нагрузки тракта низкого порядка;
- **HP TIM** (High order Path Trace Identifier Mismatch) – несовпадение идентификатора трассы тракта высокого порядка;
- **HP PLM** (High order Path Payload Mismatch) – несовпадение полезной нагрузки тракта высокого порядка;
- **TU LOP** (Tributary Unit Loss of Pointer) – потеря указателя трибутарного блока;
- **HP LOM** (High order Path Loss of Multiframe) – потеря сверхциклового синхросигнала тракта низкого порядка;
- **AU LOP** (Administrative Unit Loss of Pointer) – потеря указателя административного блока;
- **RS TIM** (Regenerator Section Trace Identifier Mismatch) – несовпадение идентификатора трассы регенерационной секции;
- **LOF** (Loss of Frame) – потеря цикла;
- **LOS** (Loss of Signal) – потеря сигнала;
- **LP RDI** (Lower order Path Remote Defect Indication) – индикация дефекта удаленного конца тракта низкого порядка;
- **HP RDI** (High order Path Remote Defect Indication) – индикация дефекта удаленного конца тракта высокого порядка.

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

1. Архитектурное представление или функциональные модели фрагмента сети для заданного варианта топологии сети и вида мультиплексоров (табл. 2) и основные параметры сигналов во всех сетевых слоях.
2. Положение трибутарного блока TU-12 для заданного потока E-12 в цикле VC-4 (табл. 4).
3. Последовательность в установлении соединения.
4. Обоснование правильности установки соединения.