

МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ  
И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Северо-Кавказский филиал  
ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения высшего образования  
«Московский технический университет связи и информатики»



Кафедра «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

Методическое указание  
к выполнению практического занятия

по дисциплине

«Многоканальные телекоммуникационные системы»

по теме:

«Функциональные узлы оборудования временного  
группообразования»

(для студентов по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные  
технологии и системы связи  
профиль Защищенные инфокоммуникационные системы)

Ростов-на-Дону  
2022

УДК

Составители: доценты кафедры ИТСС Борисов Б.П., Герасимов И.Н.

Методическое указание предназначено для обеспечения проведения практического занятия со студентами направления подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, профиля Защищенные инфокоммуникационные системы, квалификации «бакалавр».

Рецензент: доцент кафедры ИТСС, к.т.н., доцент Ершов В.В.

Методическое указание рассмотрено и утверждено на заседании кафедры ИТСС «28» ноября 2022 г. Протокол № 4.

## СОДЕРЖАНИЕ

1	Организация и проведение практических занятий.....	4
2	Практическое занятие № 1. Функциональные узлы оборудования временного группообразования .....	5
	Задача №1 «Расчет частот дискретизации КАИМ» .....	5
	Задача №2 «Оценка защищенности канального амплитудно-импульсного модулятора от шумов квантования» .....	8
	Задача №3 «Аппаратура группообразования вторичной и третичной ЦСП на примере ЦСП ИКМ-480» .....	14
	Задача №4 «Мультиплексор ввода-вывода МЦП 155К» .....	19
	Задача №5 Формирование синхронного транспортного модуля STM-1» .....	21

## 1 Организация и проведение практических занятий

### **Цели практических занятий:**

- помочь обучающимся систематизировать, закрепить и углубить знания теоретического характера;
- научить студентов приемам решения практических задач, способствовать овладению навыками и умениями выполнения расчетов, графических и других видов заданий;
- научить их работать с книгой, служебной документацией и схемами, пользоваться справочной и научной литературой;
- формировать умение учиться самостоятельно, т.е. овладевать методами, способами и приемами самообучения, саморазвития и самоконтроля.

**Практические занятия** — метод репродуктивного обучения, **обеспечивающий связь теории и практики, содействующий выработке у студентов умений и навыков применения знаний, полученных на лекции и в ходе самостоятельной работы.**

Практические занятия играют важную роль в выработке у студентов навыков применения полученных знаний для решения практических задач совместно с преподавателем.

Структура практических занятий:

1. Вступление преподавателя – 5 мин.
2. Ответы на вопросы студентов по неясному материалу – до 10 мин. вначале и далее по мере необходимости.
3. Практическая часть – до 255 мин.
  - уяснение цели и темы практического занятия;
  - краткое ознакомление с теоретическим материалом по теме занятия с помощью компьютера;
  - получение от преподавателя индивидуальных исходных данных для расчета;
  - выполнение заданий, расчетов и составление отчета;
  - верификация результатов.

4. Заключительное слово преподавателя – до 5 мин.

Практические занятия представляют собой занятия по решению различных прикладных задач, теоретический материал для которых был дан на лекциях. В итоге у каждого обучающегося должен быть выработан определенный профессиональный подход к решению каждой задачи и интуиция. На практическое занятие выносятся пять задач. Данное практическое занятие является основополагающим звеном в изучении принципов построения многоканальных цифровых систем передачи.

## Практическое занятие № 1

Тема: Функциональные узлы оборудования временного группообразования

### 1 Цели работы

1. Закрепить знания по принципам работы канальных амплитудно-импульсных модуляторов.
2. Получить практические навыки расчетов частот дискретизации КАИМ.
3. Овладеть методикой расчета спектров дискретизированных сигналов.

### Задача №1

Задание:

1. П Рассчитайте частоту дискретизации  $F_{д.гр.}$  группового сигнала, занимающего спектр частот от  $F_n$  до  $F_v$  и полосу расфилтровки при его демодуляции.

1. Сравните рассчитанные значения  $F_{д.гр.}$  со значением частоты дискретизации  $F_{д.гр.}$ , полученной по условию теоремы Котельникова

$$F'_{д.гр.} > 2F_v \quad (1)$$

2. Сравните рассчитанное значение  $F_{д.гр.}$  со значением частоты дискретизации  $F_{д.гр.}''$ , полученной из условия  $F_{д.гр.}'' > 2(F_v - F_n)$ , т.е. при переносе перед дискретизацией исходного спектра группового сигнала в видеоспектр с  $F'_n = 0$ .

3. Изобразите спектральный состав АИМ сигнала для  $F_{д.гр.}$  и  $2F_{д.гр.}$  для всех трех случаев.

4.

Таблица 1- Исходные данные для задания

$F_n$ , кГц	$F_v$ , кГц	Номера вариантов (две последние цифры студенческого билета)									
24	36	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90
32	52	01	11	21	31	41	51	61	71	81	91
80	148	02	12	22	32	42	52	62	72	82	92
36	60	03	13	23	33	43	53	63	73	83	93
28	56	04	14	24	34	44	54	64	74	84	94
56	88	05	15	25	35	45	55	65	75	85	95
112	200	06	16	26	36	46	56	66	76	86	96
220	320	07	17	27	37	47	57	67	77	87	97
176	340	08	18	28	38	48	58	68	78	88	98
92	172	09	19	29	39	49	59	69	79	89	99

### Пример:

$F_H$ , кГц	$F_B$ , кГц
80	148

Выполнение расчетов производится с использованием соотношений, приведенных в §3.1[1].

Так как  $\frac{F_B}{F_H}$  меньше 2, то возможно использовать менее высокую, чем по Котельникову, частоту дискретизации.

Величину  $n$  в расчетной формуле выбираем равной 1, в соответствии с [2].

$$F_{д.зр.} = \frac{2(F_B + F_H)}{2n + 1} \quad (2)$$

Для этого случая получаем:

$$F_{д.зр.} = \frac{2}{3}(148+80)=152 \text{ кГц}$$

1. НБП<sub>1</sub> – (152-148; 152-80) кГц =(4;72) кГц;
2. ВБП<sub>1</sub> – (152+80; 152+148) кГц =(231;300) кГц;
3. НБП<sub>2</sub> – (304-148; 304-80) кГц =(156;224) кГц.

Для случая предварительного смещения по частоте исходного спектра таким образом, что его минимальная частота равна нулю получаем:

$$F_{д.зр.}'' = 2(F_B - F_H) = 2(148-80)=136 \text{ кГц.}$$

1. НБП<sub>1</sub> – (136-68; 136-0) кГц =(68;136) кГц;
2. ВБП<sub>1</sub> – (136+0; 136+68) кГц =(136;204) кГц;
3. НБП<sub>2</sub> – (272-68; 272-0) кГц =(204;272) кГц.

Для случая строгого применения теоремы Котельникова получим:

$$F'_{д.зр.} = 2F_B = 2 \cdot 148 = 296 \text{ кГц.}$$

1. НБП<sub>1</sub> – (296-148; 296-80) кГц =(148;216) кГц;
2. ВБП<sub>1</sub> – (296+80; 296+148) кГц =(376;444) кГц;
3. НБП<sub>2</sub> – (592-148; 592-80) кГц =(444;512) кГц.

Согласно [1] полоса расфилтровки для первого случая равна

$$F'_{д.зр.}/2 - F_{д.зр.}''/2 = 76-68 = 8 \text{ кГц.}$$

Спектральный состав сигналов для всех трех случаев изображен на рисунке 1. На рисунке СИС – спектр исходного сигнала.

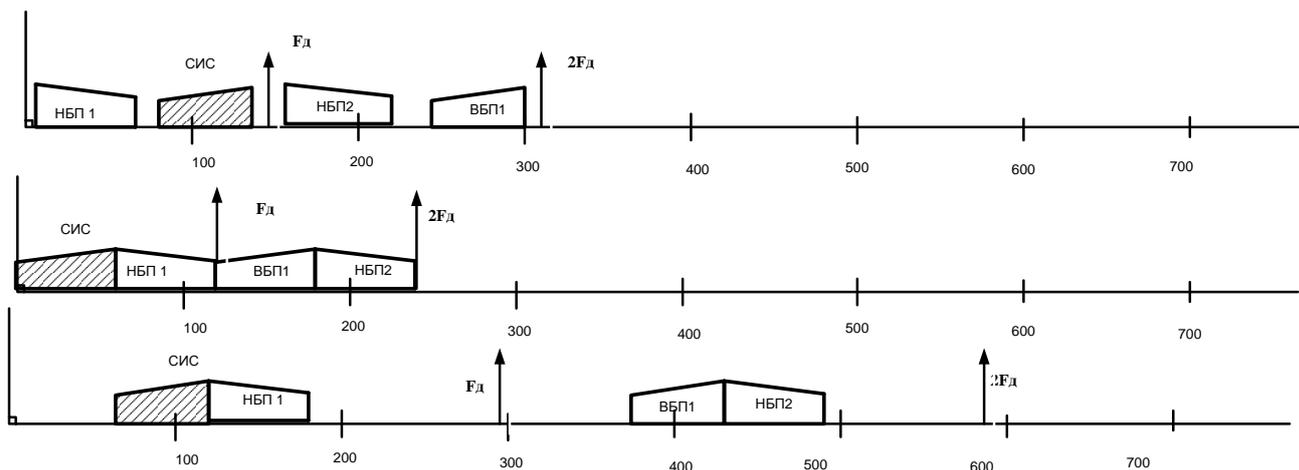


Рисунок 1. Спектральный состав сигналов

#### Выводы:

1. Спектр во втором и третьем случаях физически нереализуем из-за невозможности расфилтровки сигналов на выходе дискретизатора.
2. Для физической реализации необходимо увеличить значения частот дискретизации относительно рассчитанных значений.
3. Наиболее выгоден первый вариант, поскольку он физически реализуем при достижении приемлемого значения частоты дискретизации.

#### Контрольные вопросы

1. Дать определение функций канального амплитудно-импульсного модулятора.
2. Перечислить основные этапы аналого-цифрового преобразования.
3. Сформулируйте теорему Найквиста-Котельникова.
4. Назвать основные отличия сигналов АИМ-1 от АИМ-2.
5. Перечислите основные элементы индивидуального АИМ тракта.
6. Имеет ли место ослабление сигнала на ступени дискретизации аналогового сигнала?
7. Приведите формулу для вычисления ослабления сигнала на ступени дискретизации аналогового сигнала?
8. Как осуществляется синхронизация работы элементов индивидуального АИМ тракта?
9. Как осуществляется демодуляция АИМ сигнала в приемном тракте?
10. Требования, предъявляемые к защищенности от помех дискретизации для ОЦК.

## Задача №2

«Оценка защищенности канального амплитудно-импульсного модулятора от шумов квантования»

### Цель:

1. Изучить основные алгоритмы работы КАИМ при формировании выходных двоичных кодовых последовательностей для различных видов кодирования.
2. Приобрести умения и овладеть методикой оценки защищенности кодовых последовательностей от шумов квантования.

### Рекомендации:

Изучить справочный материал в [1]с. 45 – 69, [2]с. 90 - 104.

### 1 Порядок выполнения работы:

1. Опрос по теоретическому материалу занятия и изучение блока кратких теоретических сведений (с помощью компьютера).
2. Уяснение задачи, методики расчетов и индивидуальных исходных данных, полученных от преподавателя.
3. Выполнение задания.

## ЗАДАНИЕ

На выходе канального модулятора имеется отсчет гармонического сигнала АИМ-II

$U =$  мВ.

Произвести:

- кодирование отсчета 12 – разрядным линейным симметричным кодом с равномерной шкалой квантования  $\delta$ ;
- кодирование этого отсчета нелинейным кодом  $A=-87,6$  с неравномерной шкалой квантования и  $\delta_o = \delta$ ;
- для каждого кода определить ошибку квантования и защищенность от шумов квантования,
- рассчитать напряжение ограничения кодера;

- для каждого кода произвести декодирование полученного кода с учетом введенных ошибок;
- изобразить графически отсчеты и их коды;
- сравнить результаты и сделать выводы.

Исходные данные для задания в таблице 1.

### **Методические указания к выполнению задания**

Для выполнения задания необходимо изучить материал §5.4 [2], §1.3, 1,4 [1], для обоих типов кодеков принять число уровней квантования 2048.

Расчет защищенности от шумов квантования для гармонического сигнала производится по формуле

$$A_{ш.кв.} = 10 \lg \frac{6U^2}{\delta^2_i} \quad (1)$$

Величину отсчета  $n$  шага квантования можно брать как в абсолютных, так и в относительных единицах. Структура кодовой комбинации для нелинейного кода **A--87,6** имеет вид P X Y Z A B C D,

где P – знаковый символ,

XYZ – символы кода номера сегмента.

ABCD – символы кода номера уровня внутри сегмента.

### **Пример**

**Исходные данные:** На выходе канального модулятора имеется отсчет гармонического сигнала АИМ-II  $U = 2,9$  мВ. Шаг квантования  $\delta=3$  мкВ. Ошибки состоят в искажениях 3 и 10 позиций равномерного кода и позиций Y и C в неравномерном коде.

Произвести:

- кодирование отсчета 12 – разрядным линейным симметричным кодом с равномерной шкалой квантования  $\delta$ ;
- кодирование этого отсчета нелинейным кодом **A=-87,6** с неравномерной шкалой квантования и  $\delta_o = \delta$ ;
- для каждого кода определить ошибку квантования и защищенность от шумов квантования;
- рассчитать напряжение ограничения кодера;

- для каждого кода произвести декодирование полученного кода с учетом введенных ошибок;
- изобразить графически отсчеты и их коды;
- сравнить результаты и сделать выводы.

## Решение

### 1. Кодирование отсчета 12 – разрядным линейным симметричным кодом с равномерной шкалой квантования $\delta$

**Исходные данные:**  $U$  [мВ] = 2,9 мВ, шаг квантования  $\delta$  [мкВ] = 3 мкВ.

Для этих исходных данных получим:

1.1 Структура двоичного отсчета – АХХХХХХХХХХХ, где А—позиция знака отсчета, а Х – информационные позиции.

Для получения десятичного эквивалента отсчета разделим  $U$  [мВ] на

$\delta$  [мкВ]:  $\frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 10^{-6}} = 996,7$ . Берем целое значение: 996. Поскольку отсчет

положительный, получаем прямым преобразованием десятичного числа в двоичное число линейный симметричный код с равномерной шкалой квантования  $\delta$ : **10111100100**.

1.2 Ошибка квантования:  $\Delta = \frac{\delta}{2} = 1,5$  мкВ.

1.3 Защищенность от шумов квантования:  $A_{ш.кв.} = 10 \lg \frac{6U^2}{\delta^2_i} = 67,7$  дБ.

1.4 Напряжение ограничения кодера:  $U_{огр} = 2048 \cdot \delta = 6,144$  мВ.

1.5 Ошибочная комбинация имеет вид: 100111000000, что соответствует десятичному эквиваленту отсчета: + 448. Таким образом, ошибка кодека будет равна  $(996 - 448) \cdot \delta = 548 \cdot \delta = 1,644$  мВ.

### 2. Кодирование отсчета нелинейным кодом А -87,6 с неравномерной шкалой квантования и $\delta_o = \delta$ .

2.1 Структура двоичного отсчета: P X Y Z A B C D.

Величину отсчетов возьмем в относительных единицах, то есть выраженных в  $\delta_o$ .

Поскольку отсчет положительный, а число  $996 \cdot \delta_o$  попадает в шестой сегмент, то получаем значения P X Y Z = **1110**.

Для нахождения значений позиций А В С D необходимо вычесть из десятичного эквивалента отсчета начальное значение относительных амплитуд 6 сегмента, равное 512, а затем преобразовать остаток в двоичный эквивалент, имея в виду, что в 6 сегменте шаг квантования равен  $\delta=32 \delta_0$ . Поэтому остаток нужно разделить на 32 и взять наименьшее целое и затем преобразовать в десятичное число.

Получаем:  $996-512=484$ , делим на 32 и получаем 15,125, берем наименьшее целое – 15, преобразуем в двоичное число: 1111.

Окончательно код отсчета: **11101111**.

2.2 Ошибка квантования:  $\Delta = \frac{\delta}{2} = \frac{32 \cdot \delta_0}{2} = 24$  мкВ.

2.3 Защищенность от шумов квантования:  $A_{ш.кв.} = 10 \lg \frac{6U^2}{\sigma_i^2} = 37,6$  дБ.

2.4 Напряжение ограничения кодера:  $U_{огр} = 2048 \cdot \delta = 2048 \cdot \delta_0 = 6,144$  мВ.

2.5 Ошибочная комбинация имеет вид: **11001101**. При декодировании учитываем следующее: отсчет положительный, сегмент четвертый, двоичный код в сегменте соответствует десятичному числу 13.

Таким образом, получаем: отсчет равен сумме начального значения 4 сегмента и десятичного эквивалента двоичного кода **1101** с учетом того, что в четвертом сегменте шаг квантования  $\delta=8 \delta_0$ . Окончательно получаем:  $+128+(8 \cdot 13) = +232 \delta_0$ . Таким образом, ошибка кодека будет равна  $(996 - 232) \cdot \delta_0 = 764 \delta_0 = 2,292$  мВ.

#### Выводы:

1. Линейный симметричный код с равномерной шкалой квантования  $\delta$ , имеет большую защищенность от шумов квантования и меньшую ошибку квантования.
2. Нелинейный код **A -87,6** с неравномерной шкалой квантования имеет преимущество в меньшей длине кодовых комбинаций.
3. Оба кода критичны к случайным искажениям разрядов кодовых комбинаций.
4. С учетом того, что защищенность от шумов квантования у линейного симметричного кода с равномерной шкалой квантования избыточно велика, использование кода **A -87,6** с неравномерной шкалой квантования предпочтительнее.

#### 4. Контрольные вопросы:

1. Назначение канального амплитудно-импульсного модулятора.
2. В чем состоит отличие выходных КАИМ сигналов АИМ-1 от АИМ-2.

3. Какие еще коды с неравномерной шкалой квантования вы знаете?
4. Какие уровни передачи вы знаете?
5. В чем измеряются уровни передачи?
6. Как оценивается защищенность сигнала на выходе КАИМ от шумов квантования?
7. Почему при оценке защищенности сигнала на выходе КАИМ от шумов учитываются только шумы квантования?
8. Как рассчитывается мощность шумов квантования?
9. На сколько сегментов разбивается диапазон входных сигналов КАИМ при неравномерном кодировании по квазилогарифмическому закону?
10. Назовите значение шага квантования в 6-м сегменте, в 1-м сегменте
11. при неравномерном кодировании по квазилогарифмическому закону.
12. Назовите начальное значение в 5-м сегменте при неравномерном кодировании по квазилогарифмическому закону.
13. Как изменяется защищенность от шумов квантования выходного КАИМ сигнала при переходе границы смежных сегментов в сторону уменьшения номера?
14. Как изменяется защищенность от шумов квантования выходного КАИМ сигнала при переходе границы смежных сегментов в сторону увеличения номера?

Таблица 2.1 – Индивидуальные задания для студентов

Ошибочные позиции в кодовой комбинации	Равномер ный код	1 1 , 2	1 2 , 7	1 0 , 3	9, 1	8, 4	7, 6	6, 5	5, -	4, 7	8 , 1	4, 1	5 , 3	4, 5	9, 2	8, 3	7, 3	6, 4	1 2 -	1 1 , 1	9, 1	
	Неравномер ный код	Р А	Х В	У С	Z D	Р -	Х С	У А	Z А	Р С	Р Х	Х D	У D	Z С	Х А	У А	Z В	Р С	Р D	Х D	У С	
Шаг кв. $\delta$ [мкВ]		2	2	3	3	5	5	4	4	7	7	6	6	3	3	8	8	2	2	4	4	
Отсчет $U$ [мВ]		1, 8	- 3 , 1	2, 9 , 2	- 2 , 2	3, 1 , 4	0 , 0 , 4	1, 2 , 8	2 , 8	3, 4	- 3, 2	4, 5	- 1, 8	1, 7	2 , 6	5, 2 , 6	3 , 6	1, 6	1 , 2	1 , 7	0, 8 , 5	2 , 5
Варианты		0 0	0 1	0 2	0 3	0 4	0 5	0 6	0 7	0 8	0 9	1 0	1 1	1 2	1 3	1 4	1 5	1 6	1 7	1 8	1 9	

	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

### Список рекомендованных источников

1. Крухмалев В.В., Гордиенко В.М., Моченов А.Д. Цифровые системы передачи. Учебное пособие для вузов / под редакцией А.Д. Моченова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012.
2. Цифровые и аналоговые системы передачи. Учебник для вузов / под редакцией В.И. Иванова – 3-ое издание – М.: Горячая линия – Телеком, 2014.
3. Гордиенко В.Н., Тверецкий М.С. Многоканальные телекоммуникационные системы. Учебник для вузов. М.: Горячая линия - Телеком, 2013.

### **Задача №3**

«Аппаратура группообразования вторичной и третичной ЦСП на примере ЦСП ИКМ-480»

#### **Цель:**

1. Закрепление знаний основ построения телекоммуникационных систем плезиохронной иерархии.
2. Изучение принципов формирования цифровых потоков основными функциональными элементами аппаратуры ЦСП ИКМ-480.
3. Получение навыков и освоение методики определения состояния функциональных элементов аппаратуры ЦСП ИКМ-480.

#### **Рекомендации:**

Изучить справочный материал в [1] с.115-117, с.134-137.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Изучить структуру цифрового потока Е1 и метод его формирования.
2. Изучить принцип объединения цифровых потоков Е1 в поток Е2, содержание служебных и информационных позиций.
3. Изучить принцип объединения цифровых потоков Е2 в поток Е3, содержание служебных и информационных позиций.
4. Изучить принцип объединения цифровых потоков Е3 в поток Е4, содержание служебных и информационных позиций.
5. Зафиксировать результаты исследования в отчете.

3.1 Исследование унифицированной аппаратуры формирования цифрового потока Е1 АКУ-30.

3.1.1 Изучить схему электрическую структурную АКУ-30, принцип её работы и виды сигналов. Зафиксировать результаты исследования в отчете.

3.1.2 Проверка работоспособности систем сигнализации стойки САЦК и комплектов АКУ-30 и КСО:

- перевести тумблеры на КСО и на комплекте источников электропитания (КИЭ) в положение ВКЛЮЧЕНО, при этом светятся светодиоды 24/60 на КСО и ИКМ Пр на комплекте АКУ-30, а так же лампочки на верхней раме стойки, желтые лампы на транспаранте и общестоечном табло, звенит звонок;

- нажать кнопку ОТКЛ. ИНДИКАЦИИ на КСО; при этом должны выключиться звонок и лампочка на верхней раме стойки;

- нажать кнопку ПРОВЕРКА ИНДИКАЦИИ на КСО, при этом должны светиться все светодиоды на КСО и на комплекте АКУ-30, а так же указанные лампочки, звенит звонок;

- отжать кнопку ПРОВЕРКА ИНДИКАЦИИ; светодиоды, лампочки и звонок отключатся, кроме светодиодов 24/60 на КСО и ИКМ Пр на комплекте АКУ-30. Нажать кнопку ВКЛ ШЛЕЙФА. Должен светиться светодиод ВКЛ ШЛЕЙФА и погаснуть светодиод ИКМ Пр на комплекте АКУ-30, желтые лампочки на транспаранте и общестоечном табло;

- выключить тумблер на КИЭ, при этом должны светиться светодиоды +5В и –5В на комплекте АКУ-30, лампочка на верхней раме стойки, все лампы на транспаранте и общестоечном табло и звонить звонок;

- включить тумблер на КИЭ, при этом указанные элементы сигнализации должны отключиться. Выключить тумблер на КСС, при этом должен светиться светодиод +5В на КСО, лампочка на верхней раме стойки, красные лампы на транспаранте и общестоечном табло, звонить звонок. При включении тумблера на КСО указанные элементы сигнализации отключаются;

- нажать на КСО кнопку 1/АКУ-30 и кнопку вызов, при этом должны светиться светодиоды ВЫЗОВ на комплекте АКУ-30, лампочка на верхней раме стойки, зеленые лампы на транспаранте и общестоечном табло, звонить звонок. При отжатии кнопки ВЫЗОВ указанные элементы сигнализации отключаются.

### 3.2 Проверка работоспособности систем сигнализаций стойки СВВГ

3.2.1 Нажать кнопку ПРОВ. Должны загореться индикаторы комплектов ВВГ-У, СО, СС и лампы на верхней раме СВВГ, а также звенеть звонок.

3.2.2 Отжать кнопку ПРОВ. В течении одной минуты должны погаснуть все индикаторы (кроме «Фсигн»), лампы и отключиться звуковая сигнализация.

### 3.3 Проверка работоспособности систем сигнализаций стойки СОЛТ

Нажать кнопку «КОНТРОЛЬ» на лицевой панели блока БОС, должны загореться все элементы световой индикации расположенные на лицевых панелях УИ-1, УИ-2, УИ-3 и БОС, кроме светодиодов «Пр» на лицевых панелях УИ

### 3.4 Проверка работы комплекта АКУ-30 в режиме «передача-прием»

3.4.1 Режим работы «передача-прием» осуществить, нажав на лицевой панели комплекта кнопку ВКЛ ШЛЕЙФА. При этом должен засветиться индикатор, расположенный рядом с переключателем.

3.4.2 Составить схему измерений остаточного затухания канала ТЧ АКУ-30 в режиме ШЛЕЙФ.

3.4.3 Провести измерения установочного остаточного затухания ( $F=820\pm 10$ Гц).

3.4.4 Результаты измерения зафиксировать с таблице, проанализировать и сделать выводы.

### 3.5 Измерение напряжений источников вторичного электропитания

3.5.1 Составить схему измерений и представить её на утверждение преподавателю.

3.5.2 Измерить напряжение на контрольных гнездах «+», «-» и «⊥» комплекта АКУ. Они должны быть в пределах:

- (плюс  $5,00\pm 0,25$ )В;

- (минус  $5,00\pm 0,25$ )В.

3.5.3 Измерить выходные напряжения на контрольных гнездах «+», «-» и «⊥» ИВЭ.П24 САЦК. Они должны быть в пределах:

- (плюс  $5,00\pm 0,25$ )В;

- (минус  $5,00\pm 0,25$ )В.

3.5.4 Измерить напряжения на контрольных гнездах «+5В» и «-5В» относительно «⊥» комплекта КВВГ-1У.

3.5.5 Измерить напряжения на контрольных гнездах «+», «-» и «⊥» блоков СЦН. Напряжения должны быть в пределах:

- ( $5,0\pm 0,1$ )В на гнездах блоков 1, 11, 15;

- минус ( $5,2\pm 0,1$ )В на гнездах блоков 10, 24;

- $(12 \pm 0,5)$ В на гнездах блока 12;
- минус  $(12 \pm 0,5)$ В на гнездах блока 25.

Нумерация блоков приведена на панели стойки СТВГ.

3.5.6 Измерить напряжения на контрольных гнездах «+», «-» и « » блоков СН.

Напряжения должны быть в пределах:

- $(5,0 \pm 0,05)$ В – для блоков СН-24/5, расположенных слева в рядах ОЛТ1 и ОЛТ2, в устройствах ТМ, СС и в ОКС;
- $(5,20 \pm 0,05)$ В – для блоков СН24/5.2, расположенных справа в рядах )ЛТ1 и ОЛТ2;
- $(12,0 \pm 0,1)$ В – для блоков СН-24/12, расположенных в устройствах СС, ТМ.

результаты измерений зафиксировать в таблице, сравнить с номинальными и сделать выводы.

3.6 Наблюдение формы и измерение параметров частот задающих генераторов

3.6.1 Составить схему измерений и представить её на утверждение преподавателю.

3.6.2 Провести наблюдение формы и измерение частоты задающего генератора (гнездо ТАКТ на лицевой панели АКУ-30, номинальное значение частоты  $(2048,000 \pm 0,005)$ кГц.

3.6.3 Провести наблюдение формы и измерения параметров импульсных последовательностей в трактах передачи и приема (ГН. 4кГц ПЕР и ГН. 4кГц ПР).

3.6.4 Провести наблюдение форм и измерение частоты задающего генератора СВВГ (гнездо ВЫХ.8 МГц, номинальное значение частоты  $(8448000 \pm 20)$ Гц).

3.6.5 Провести наблюдение форм и измерение частоты задающего генератора СТВГ (гнездо «8592 КГц» на блоке ГЗ-Т, номинальное значение частоты  $(8592000 \pm 10)$ Гц).

Результаты измерений зафиксировать в отчете.

По результатам измерений сделать выводы о соответствии полученных характеристик телекоммуникационных систем их номинальным значениям и состоянию работоспособности исследуемых систем.

4 Контрольные вопросы.

1. Объясните назначение ЦСП ИКМ - 480.
2. Назовите скорость передачи группового потока ИКМ - 480.

3. Перечислите состав аппаратуры ЦСП ИКМ – 480.
4. Назовите функции комплекта АКУ – 30.
5. Назовите функции системы служебной связи.
6. Объясните назначение и укажите состав СВВГ.
7. Перечислите причины срабатывания системы сигнализации стойки СВВГ
8. Объясните назначение и укажите состав СТВГ.
9. Назовите функции комплекта КТВГ.
10. Объясните назначение СОЛТ.
11. Перечислите состав оборудования СОЛТ.
12. Назовите основные параметры ОЛТ, ДП, СС.
13. Назовите основные параметры ТМУ и ТММ.

### **Содержание отчета по практическому занятию**

Тема, цель занятия, структурная электрическая схема учебная магистрали системы. Схема электрическая структурная АКУ – 30. Значение тактовой частоты линейного сигнала. Основные технические характеристики системы, таблица измерений контролируемых параметров по форме, представленной ниже.

№ измер.	Наим. измер. гнезд	Место измерений	Измеряемые параметры	Средства измерений	Схема соединений

#### Список рекомендованных источников

1. В.В. Крухмалев, В.Н.Гордиенко, А.Д. Моченов. Цифровые системы передачи: Учебное пособие для вузов /Под ред. А.Д. Моченова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2013. – 352 с.: ил.
2. Техническая документация на систему ИКМ-480.

## **Задача №4**

«Мультиплексор ввода-вывода МЦП 155К»

### **Цель:**

1. Изучение структурной схемы канального мультиплексора синхронной иерархии.
2. Изучение рабочих параметров мультиплексора МЦП155К.
3. Изучение принципа работы мультиплексора МЦП155К.

### **Рекомендации:**

Изучить справочный материал в [1] 167-175, [2]с. 2-20.

### **Порядок выполнения работы:**

1. Опрос по теоретическому материалу занятия.
2. Уяснение задачи.
3. Изучение назначения и технических данных мультиплексора МЦП155К.
4. Изучение состава и назначения внешних интерфейсов, модулей и портов оборудования МЦП155К.
5. Проверка состояния индикаторов на базовом блоке мультиплексора МЦП155К.
6. Проверка параметров конфигурации в функциональных блоках.
7. Проверка состояния счетчиков модуля и счетчиков базового блока.
8. Проверка аварийных сообщений функциональных групп.
9. Проведение 15-и минутного тестирования контрольных точек по указанию преподавателя.
10. Просмотр журнала текущих событий.
11. Измерение номинального остаточного затухания четырехпроводного канала ТЧ.
12. Составление отчета по занятию.

### **Контрольные вопросы:**

1. Назначение мультиплексора ввода-вывода МЦП-155К.
2. Назовите основные узлы мультиплексора ввода-вывода МЦП-155К.

3. Назовите основные технические характеристики мультиплексора ввода-вывода МЦП-155К.
4. Назовите элементы конструкции мультиплексора ввода-вывода МЦП-155К.
5. Назовите состав и назначение внешних интерфейсов, модулей и портов оборудования МЦП-155К.
6. Назовите перечень аварийных сообщений.
7. Поясните виды и суть контроля параметров ошибок сетевых трактов.
8. Поясните сигналы местной аварийной сигнализации.
9. Какова максимальная скорость передачи в Мбит/с.?
10. Назовите используемый линейный код в оптическом тракте.
11. Поясните вид оптического стыка.
12. Назовите используемую длину волны в нм.
13. Назовите вид используемого соединителя.
14. Поясните суть аварийного сообщения ES – (секунда с ошибками).
15. Поясните суть аварийного сообщения SES – (секунда с большим количеством ошибок).
16. Поясните суть аварийного сообщения UAS – (недоступные секунды) – количество недоступных секунд;
17. Поясните суть аварийного сообщения VBE – (блок с фоновыми ошибками)

#### Список рекомендованных источников

1. В.В. Крухмалев, В.Н.Гордиенко, А.Д. Моченов. Цифровые системы передачи: Учебное пособие для вузов /Под ред. А.Д. Моченова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2013. – 352 с.: ил.
2. Герасимов И.Н. Методические указания по практическому занятию № 11 по дисциплине «Функциональные узлы цифровых систем передачи» - Мультиплексор ввода-вывода МЦП-155К. СКФ МТУСИ, 2016.

## Задача №5

### «Формирование синхронного транспортного модуля STM-1»

Цель: Изучить процесс формирования синхронного транспортного модуля STM-1 в соответствии с функциональными блоками

Задание:

Изучить алгоритм формирования STM-1 и содержание составляющих блоков.

Краткие теоретические сведения

#### 1 Основные принципы организации и функционирования сетей на основе аппаратуры SDH

В транспортной сети SDH передача трибутарных сигналов осуществляется с помощью определенных информационных блоков. В свою очередь, информационные блоки соответственно иерархии транспортируются друг в друге.

Информационный блок - это последовательность байтов, которая характеризуется:

- длительностью во времени;
- количеством байтов (объемом, скоростью)
- составом байтов по их функциональному назначению.

Длительность всех информационных блоков равна, как правило, 125 мкс.

Количество байтов в разных информационных блоках различно.

Байты по их функциональному назначению подразделяются на:

- служебные, которые образуют служебные элементы информационных блоков;
- информационные, которые предназначены для передачи трибутарных сигналов.

Различают следующие служебные элементы информационных блоков:

- стаффинг;
- заголовок;
- указатель.

Служебные элементы занимают заданные фиксированные позиции в информационных блоках.

Основные операции, используемые в SDH:

- группообразование;
- выравнивание скоростей сигналов при формировании контейнеров C;
- выравнивание скоростей при загрузках трибутарных (административных) блоков;
- генерация трактовых (секционных) заголовков и указателей;
- мультиплексирование;
- генерация аварийных сообщений и их передача с последующим отслеживанием;
- контроль качества передачи.

### 1.1 Группообразование в SDH

Цифровой тракт SDH представляет собой комплекс программно-технических средств, предназначенный для передачи сигналов электросвязи с определенной скоростью.

В SDH полезный сигнал передается по цифровому тракту с использованием соответствующих информационных блоков:

- линейный тракт - блок STM-N;
- сетевой тракт - блок VC.

В SDH объединение цифровых трактов, предназначенных для передачи трибутарных сигналов, осуществляется посредством формирования информационных блоков STM-N из N информационных блоков STM-1 и формирования информационных блоков TUG из информационных блоков TU при образовании STM-1.

На рисунке 5.1 представлена схема формирования STM-1 из различных трибутарных сигналов.

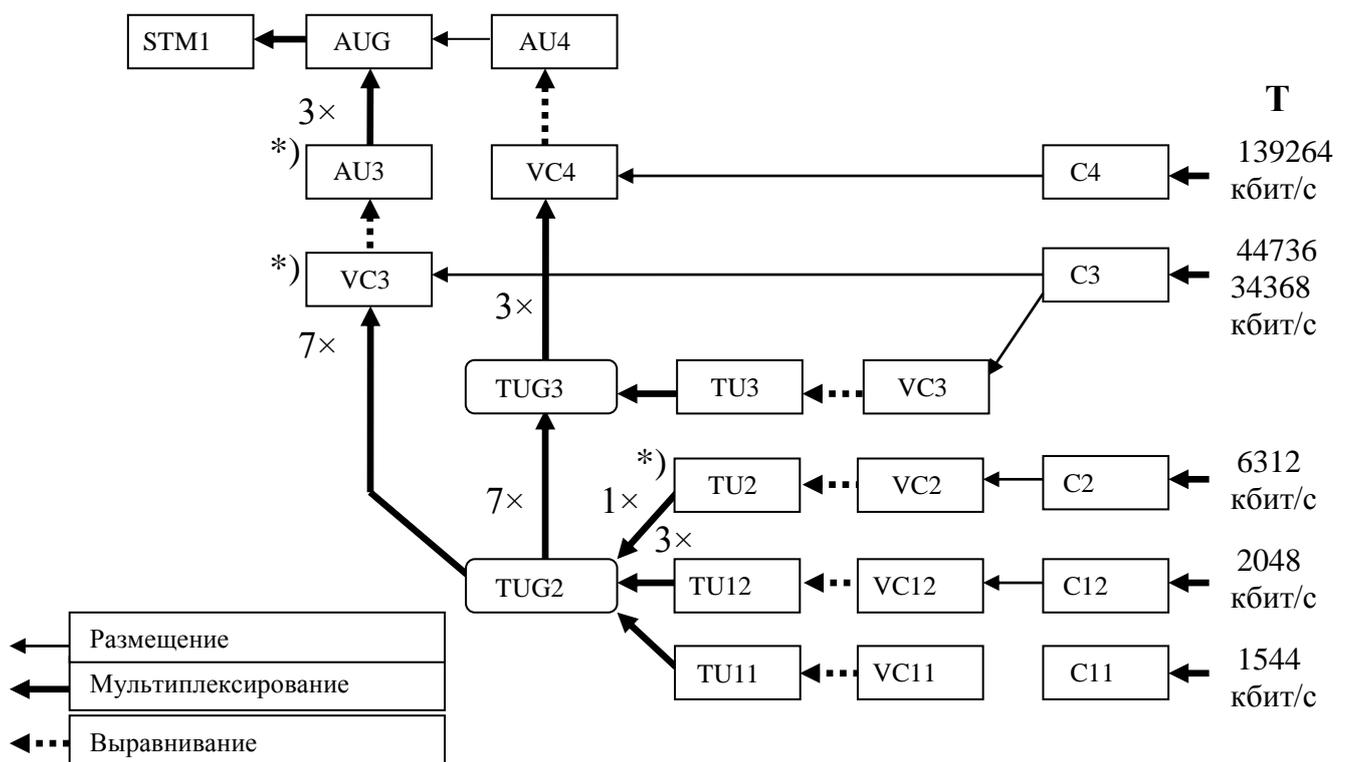


Рисунок 5.1- Схема формирования STM-1

Входные плезиохронные сигналы (трибутарные сигналы-Т), предназначенные для передачи по сети связи, синхронизируются определенным образом с циклом информационного блока STM-1, образуя сначала контейнеры, а затем виртуальные контейнеры. Далее виртуальные контейнеры загружаются в трибутарные блоки, которые синхронизированы с циклом STM-1.

Трибутарные блоки мультиплексируются побайтно (одной или несколькими степенями) и, после этого, образуют контейнер высшего порядка VC-4. Контейнер высшего порядка загружается в административный блок AU-4, который может быть равнозначен административному блоку AUG. Блок AUG преобразуется в STM-1.

На рисунке 5.1 приняты следующие обозначения:

**Т - трибутарный плезиохронный сигнал** (1,5, 2, 6, 34, 44, 140 Мбит/с), передаваемый по сети SDH. Далее в пособии будут рассматриваться плезиохронные сигналы со скоростями, принятыми в европейской иерархии PDH (2; 34; 140 Мбит/с).

**С - контейнер.** Информационный блок, который с помощью стаффинга согласовывает с модулем STM-1 определенный объем трибутарного сигнала с точностью до одного или нескольких битов. Различают несколько типов контейнеров:

- низкого уровня (LO) - С - 11, С - 12, С - 2,
- высокого уровня (НО) - С-3, С - 4.

Указанные контейнеры предназначены для передачи плезиохронных сигналов соответственно с частотой 1,544 Мб/с; 2,048 Мб/с; 6,312 Мб/с; 34,368 (44,736) Мб/с; 139,264 Мб/с.

**VC - виртуальный контейнер.** Информационный блок, состоящий из контейнера С и трактового заголовка РОН. РОН добавляется в пункте формирования VC и устраняется в пункте расформирования VC. Различают VC высокого уровня (НО): VC-3, VC-4 и VC низкого уровня (LO): VC-11, VC-12, VC-2.

**TU - трибутарный блок.** Информационный блок, согласованный с циклом модуля STM-1, состоящий из указателя PTR и полезного пространства, предназначенного для загрузки виртуального контейнера своего уровня. Указатель содержит информацию о положении виртуального контейнера по отношению к началу виртуального контейнера следующего более высокого уровня, в котором размещается TU. Кроме того, указатель осуществляет выравнивание скорости транзитного VC под скорость загружаемого TU. Различают следующие TU: TU-11, TU-12, TU-2, TU-3.

Информационные блоки C -11, C -12, C - 2, VC-11, VC-12, VC-2; TU-11, TU-12, TU-2 формируются в отличие от остальных из четырех информационных блоков длительностью 125 мкс каждый, образующих сверхцикл длительностью 500 мкс.

**TUG - трибутарный групповой блок.** Информационный блок, полученный из одного трибутарного блока и стаффинга или нескольких трибутарных блоков путем их побайтного мультиплексирования и стаффинга. Различают следующие TUG: TUG-2, TUG-3.

**AU-4 - административный блок.** Информационный блок, согласованный с циклом модуля STM-1, состоящий из указателя PTR и полезного пространства, предназначенного для загрузки виртуального контейнера VC-4.

Указатель содержит информацию о положении начала VC-4 относительно начала цикла модуля STM-1. Кроме того, указатель осуществляет выравнивание скорости транзитного VC - 4 под скорость загружаемого AU.

**AUG - административный групповой блок.** Блок формируется в том случае, когда образуются административные блоки AU-3 для передачи VC-3. В этом случае блоки AU-3 уплотняются по байтам в одну группу административных блоков AUG. При передаче VC-4 групповой административный блок полностью соответствует AU-4.

**STM-1 - синхронный транспортный модуль 1-го уровня.** Основной элемент синхронной цифровой иерархии, состоящий из AUG и секционного заголовка SOH. Предназначен для передачи по линиям и для образования транспортных модулей более высокого уровня STM-N.

Информационные блоки AU3 и VC3, организуемые из семи TUG2, являются производными трибутарных потоков американской плезиохронной иерархии, и, следовательно, в европейской иерархии не организуются.

Цифровые тракты SDH подразделяются на цифровые тракты высокого уровня: четверичный цифровой тракт (ЧЦТ), третичные цифровые тракты (ТЦТ) и цифровые тракты низкого уровня - первичные цифровые тракты (ПЦТ).

Исходя из указанной схемы, Группообразование STM-1 может включать в себя следующие варианты:

- 63 ПЦТ;
- 3 ТЦТ;
- 21 ПЦТ + 2 ТЦТ;
- 42 ПЦТ + 1 ТЦТ;
- 1 ЧЦТ.
-

## 1.2 Выравнивание скоростей сигналов при формировании контейнера С

Формирование контейнера осуществляется путем размещения в нем входного трибутарного сигнала определенного объема. В процессе этого формирования осуществляется выравнивание скорости и объема входного сигнала под скорость и объем сигнала контейнера. Эта процедура осуществляется в период, называемый циклом выравнивания скоростей, который может отличаться от длительности контейнера.

Циклу выравнивания для различных контейнеров соответствуют:

- строка контейнера для контейнера С4;
- три строки контейнера (1-3,4-6,7-9) для контейнера С3;
- контейнер - сверхцикл (четыре подцикла С-12)...для контейнера С12.

Значение цикла выравнивания определяется требованиями к нестабильности частоты плезиохронных сигналов.

В указанных циклах за счет отклонения частот допускается следующий разброс в количестве битов:

- 1934 - 1935 для С4;
- 1431 - 1433 для С3;
- 1023 - 1025 для С12.

За счет того, что частота (F2) сигнала контейнера принимается всегда большей частоты (F1) входного сигнала, в цикле выравнивания объем в байтах сигнала контейнера всегда больше объема в байтах входного сигнала.

Грубое выравнивание корректирует основную часть разницы между частотами F1 и F2, выражаемой в байтах за цикл выравнивания.

Грубое выравнивание всегда положительное. Это выравнивание заключается во вставлении в определенные места контейнера стаффинговых байтов.

Точное выравнивание корректирует разницу между частотами F1 и F2, выражаемую в недостатке или излишестве одного бита загружаемого сигнала за цикл выравнивания.

Точное выравнивание осуществляется с помощью битов управления выравниванием (С1-для положительного и С2-для отрицательного выравнивания) и битов возможности выравнивания (S1-для положительного и S2-для отрицательного выравнивания). Биты S являются информационными битами (I) при  $C = 0$  и являются битами стаффинга (R) при  $C=1$ .

При нулевом выравнивании во всех циклах выравнивания:

- $C1=0, S1=I$ ;

- $C2=1, S2=R$ .

При положительном выравнивании возникает ситуация, когда в цикле выравнивания не достает одного бита входного сигнала. В этом цикле:

- $C1=1, S1=R$ ;
- $C2=1, S2=R$ .

При отрицательном выравнивании возникает ситуация, когда в цикле имеется лишний бит входного сигнала. В этом цикле:

- $C1=0, S1=I$ ;
- $C2=0, S2=1$ .

Необходимо напомнить, что биты возможности выравнивания и биты управления выравниванием находятся в определенных байтах цикла выравнивания контейнера  $C$ . При этом, для обеспечения требуемой достоверности биты управления выравниванием повторяются в нескольких байтах цикла выравнивания контейнера  $C$ .

### 1.3 Выравнивание скоростей при загрузке трибутарного (административного) блока TU/AU

При перезагрузке виртуального контейнера  $VC$  из одного трибутарного блока в другой, что имеет место в пункте с транзитом по  $VC$ , возникает необходимость согласования скорости сигнала  $VC$  под скорость сигнала загружаемого трибутарного блока, т.к. они формируются разными источниками. Это выравнивание осуществляется с помощью указателя PTR блока TU/AU. Выравнивание осуществляется в пределах цикла (сверхцикла) организации TU/AU и  $VC$ .

Пример нулевого выравнивания.

При нулевом выравнивании длительность цикла  $VC$  равна длительности цикла TU/AU. Блок  $VC$  все время совпадает во времени с блоком TU/AU. Первый байт РОН блока  $VC$  сохраняет свою позицию и свой адрес. Значение указателя TU/AU в этом случае остается неизменным.

Пример положительного выравнивания.

Необходимость положительного выравнивания возникает тогда, когда длительность цикла  $VC$  больше длительности цикла TU/AU.

Это приводит к отставанию во времени блока  $VC$  от блока TU/AU и к смещению блока  $VC$  вправо относительно блока TU/AU.

В результате этого смещения значение адреса, определяющего расположение первого байта заголовка РОН блока VC в блоке TU/AU, необходимо увеличивать. Это увеличение осуществляется с помощью добавления стаффингового байта на место, следующее за указателем PTR, что индицируется инвертированием нечетных битов указателя PTR, которые определяют адрес первого байта заголовка РОН блока VC. В следующем цикле указанные биты восстанавливают свое состояние и значение указателя увеличивается на единицу.

Пример отрицательного выравнивания.

Необходимость отрицательного выравнивания возникает тогда, когда длительность цикла VC меньше длительности цикла TU/AU.

Это приводит к тому, что блок VC опережает во времени блок TU/AU, и блок VC смещается влево относительно блока TU/AU.

В результате этого смещения значение адреса, определяющего расположение первого байта заголовка РОН блока VC в блоке TU/AU, необходимо уменьшать. Это уменьшение осуществляется путем записи байта блока VC в резервный байт указателя PTR, что индицируется инвертированием четных битов указателя PTR, которые определяют адрес первого байта заголовка РОН блока. В следующем цикле указанные биты восстанавливают свое состояние и значение указателя уменьшается на единицу.

В соответствии с требованиями к реализации алгоритма выравнивания решение о необходимости положительного или отрицательного выравнивания в очередном цикле принимается при условии, что в предыдущем цикле выравнивание не осуществлялось. При соблюдении этого условия решение о положительном или отрицательном выравнивании в приведенных на рисунках примерах можно принимать по смещению вправо или влево заднего фронта последнего байта VC, загруженного в TU/AU предыдущего цикла, относительно переднего фронта первого байта указателя рассматриваемого цикла. Во всех остальных случаях осуществляется нулевое выравнивание, при котором значение указателя не изменяется.

#### 1.4 Генерация трактовых (секционных) заголовков и указателей

**Заголовок.** Заголовок состоит из нескольких байтов. Первый байт заголовка располагается в начале информационного блока, остальные байты заголовка располагаются на заданных фиксированных позициях информационного блока.

Заголовок выполняет следующие функции по обслуживанию средств SDH:

- выделения начала отдельных информационных блоков;

- передачи сигнала синхронизации;
- передачи сигналов оповещения;
- контроля качества сигнала информационных блоков;
- передачи сигналов управления;
- организации служебных каналов связи и передачи данных;
- передачи других служебных сигналов.

Информационные блоки VC и STM имеют заголовки, обозначаемые соответственно POH и SOH.

Секционный заголовок SOH подразделяется на:

- RSOH - SOH секции регенератора, три первых строки SOH;
- MSOH - SOH секции мультиплексора, пять последних строк SOH.

Трастовый заголовок (POH) виртуального контейнера VC12 состоит из четырех байтов разнесенных по сверхциклу передачи. Трастовые заголовки виртуальных контейнеров VC3 и VC4 состоят из девяти байтов и расположены в первом столбце матричного представления структуры данных информационных блоков. Структура информационных блоков в SDH такова, что имеется возможность контроля отдельных байтов заголовка, изменения их и дополнения в любое время без изменения полезной нагрузки.

**Указатель.** Указатель состоит из нескольких байтов. Байты указателя располагаются на заданных фиксированных позициях информационного блока. Указатель выполняет следующие основные функции:

- определяет фазу или месторасположение одного информационного блока по отношению к другому информационному блоку;
- участвует в процедуре выравнивания скорости сигнала одного информационного блока по отношению к сигналу другого информационного блока.

В каждом элементе сети расположение во времени всех указателей, формируемых на передачу блоков TU и AU, привязано к циклу 125 мкс этого элемента сети. К этому же циклу привязан и формируемый на передачу модуль STM-1, т.е. его SOH. Это происходит за счет того, что все они формируются одним источником элемента сети.

Указатель PTR располагается в TU или AU на фиксированных позициях и содержит адрес первого байта трастового заголовка POH в поле TU или AU. Расположение VC в поле TU или AU может изменяться в зависимости от момента времени появления трибутарного сигнала и разницы частот между генераторным оборудованием, которое формирует VC, и генераторным оборудованием, которое формирует TU/AU в транзитном пункте.

Указатель выполняет функции:

- адресации места расположения VC в поле TU/AU;
- коррекции скорости сигнала VC под скорость сигнала TU/AU.

Указатель позволяет знать расположение VC в TU/AU и выделять VC из TU/AU при необходимости.

### 1.5 Мультиплексирование

В SDH мультиплексирование информационных блоков осуществляется по байтам в циклах длительностью 125 мкс. При этом мультиплексируемые информационные блоки синхронны друг относительно друга, так как их циклы создаются одним источником элемента сети, в котором осуществляется мультиплексирование.

Мультиплексирование при формировании STM-1.

На рисунке 5.2 изображен пример мультиплексирования двух информационных блоков а и б при формировании STM-1.

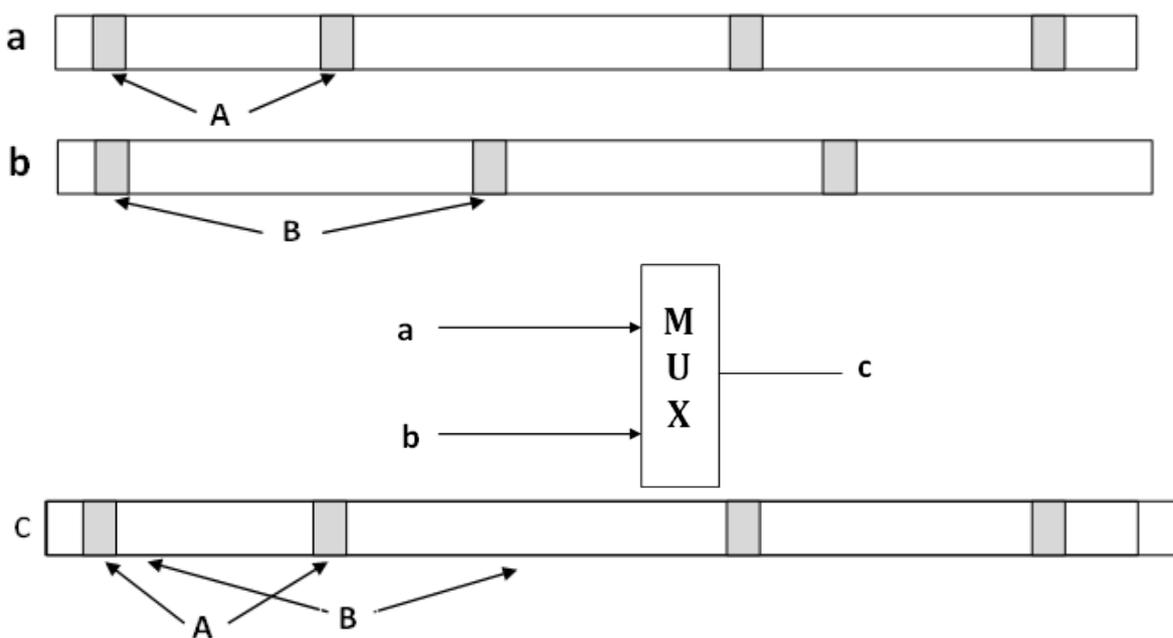


Рисунок 5.2 - Мультиплексирование при формировании STM-1

Структура сигнала информационного блока с аналогична структуре сигналов информационных блоков а и б.

Это обусловлено тем, что мультиплексируемые блоки и их указатели (PTR) формируются одним источником. На рисунке 1.2 А и В – значение указателей в информационных блоках а и б.

Структура сигнала STM-N аналогична структуре сигналов STM-1. Единственная разница состоит в том, что сигнал STM-N включает в себя Nx9x270 байт при длительности цикла 125 мкс. N базовых сигналов, побайтно, чередуясь друг с другом таким образом, что создают сигнал STM-N, в котором секционные заголовки (SOH), указатели (PTR) и полезный сигнал размещаются также как и в STM-1.

## 2 Формирование синхронного транспортного модуля

Поток E1 состоит из 32 байтов и имеет скорость передачи – 2048 Кб/с. Цикл передачи –125 мкс, длительность передачи одного бита равна 0,488 мкс

Поток E1 представлен побайтно:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	...	16
Сл1	КИ1	КИ2	КИ3	КИ4	КИ5	КИ6	КИ7	КИ8	КИ9	КИ10	КИ11	...	КИ15
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	...	32
Сл2	КИ16	КИ17	КИ18	КИ19	КИ20	КИ21	КИ22	КИ23	КИ24	КИ25	КИ26	...	КИ30

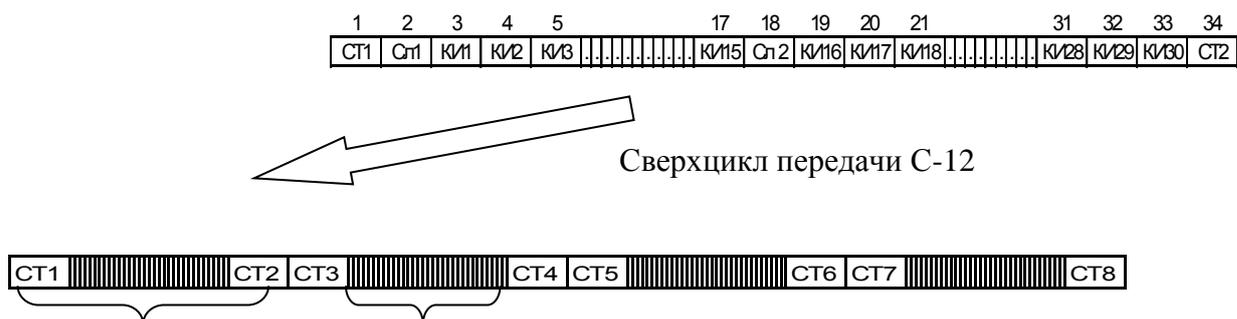
где: Сл1, Сл2 – служебные байты потока E1;  
КИ1 – КИ30 – 30 канальных интервалов.

### 2.1 Процесс формирования контейнера C-12.

Контейнер C-12 загружается потоком E1 побайтно и в процессе загрузки к каждому циклу E1, состоящему из 32 байтов, добавляется два байта стаффинга и выравнивания скоростей. Сверхцикл контейнера C-12 имеет длительность 500мкс, т.е. каждый сверхцикл контейнера C-12 содержит 4 полных отчета потока E1 по 32 байта каждый и 8 Байтов стаффинга и выравнивания скоростей. Цикл передачи контейнера C-12 состоит из 34 байтов, сверхцикл из 136 байтов, длительность передачи одного бита 0,4595 мкс.

Матричное представление контейнера C-12 представлено ниже.

Цикл передачи контейнера C-12



Цикл С-12 =125мкс      Байты потока Е1

СТ1-СТ8: байты стаффинга и выравнивания скоростей.

Байты СТ2, СТ4, СТ6, СТ8 отвечают только за стаффинг и целиком заполнены битам фиксированного стаффинга.

Байты СТ1, СТ3, СТ5 имеют вид:

N1 N2 0 0 0 0 R R

где: 0-бит заголовка (без функции)

R-бит стаффинга

Байт СТ7 содержит биты предназначенные для выравнивания скоростей, поэтому он отображен вместе со следующим байтом потока Е1:

C1 C2 R R R R R S1 S2 I I I I I I I

СТ7

Сл1 четвёртого цикла передачи потока Е1

где: C1 - бит управления положительным выравниванием

C2 - бит управления отрицательным выравниванием

R - бит стаффинга

S1, S2 - биты выравнивания скоростей

I - бит полезной нагрузки

В процессе загрузки контейнера С-12 осуществляется выравнивание скоростей (грубое и точное). Грубое выравнивание происходит путем добавления определенного количества стаффинговых байтов. Точное выравнивание осуществляется с помощью битов C1, C2, S1,S2.

Выравнивание происходит в четвёртом цикле передачи каждого сверхцикла.

Положительное выравнивание происходит если C1=1 и C2=1 и имеет вид:

C1 C2 R R R R R R R I I I I I I I

СТ7

Сл1 4-го цикла передачи потока Е1(1-ый байт)

Отрицательное выравнивание происходит если C1=0 и C2=0 и имеет вид:

C1 C2 R R R R R I I I I I I I I

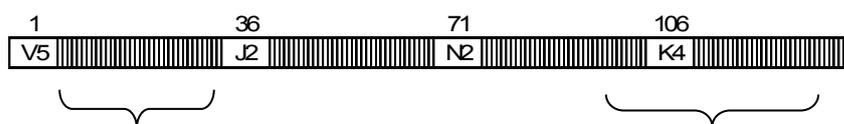
СТ7

Сл1 4-го цикла передачи потока Е1(1-ый байт)

## 2.2 Процесс формирования виртуального контейнера VC-12

Виртуальный контейнер VC-12 формируется из одного C-12 путем добавления трактового заголовка (Path Over Head). Цикл передачи состоит из 35 байтов и имеет длительность-125мкс, сверхцикл состоит из 140 байтов и имеет длительность – 500 мкс, длительность передачи одного бита - 0,4464 мкс. Трактовый заголовок (РОН) состоит из 4 байтов распределенных по сверхциклу. Т.о. сверхцикл передачи виртуального контейнера VC-12 имеет вид:

Цикл передачи VC-12



Байты контейнера C-12

Один цикл передачи VC-12

Байты V5, J2, N2, K4 являются составными частями трактового заголовка (РОН).

Байт V5 имеет вид:



где: P1, P2- биты кодового слова VIP-2;

B3- бит сигнала REI;

B4- бит сигнала RFI;

CM1, CM2, CM3- биты сигнальной метки тракта;

B8- бит сигнала FERF.

Кодовое слово VIP-2 формируется в результате проверки контейнера кодом четности для обнаружения ошибок в тракте. Сигнал REI (Remote Error Indication) – это сигнал для оповещения мультиплексора на дальнем конце о приеме его сигнала с ошибками (т.е. если в данном бите передаётся единица, то сигнал принят с ошибками). Сигнал RFI (Remote Failure

Indication)- оповещение противоположного пункта об удаленной неисправности. Биты 5,6,7 содержат сигнальную метку тракта:

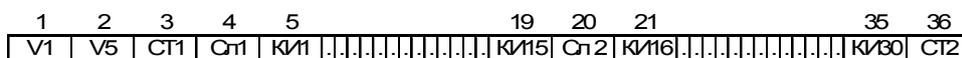
- 000 - тракт не оборудован;
- 001 - тракт оборудован;
- 010 - асинхронный режим;
- 011 - бит синхронный сигнал;
- 100 - байт синхронный сигнал;
- 101 - зарезервировано для будущего;
- 110 - специальный тестовый сигнал 0181;
- 111-сигнал AIS, VC-AIS. (Alarm Indication Signal)- сигнал индикации аварийного состояния.

Сигнал FERF (Far End Receive Failure)- оповещение противоположного пункта об отсутствии приема или приеме от него сигнала AIS или при неправильно сформированном сигнале.

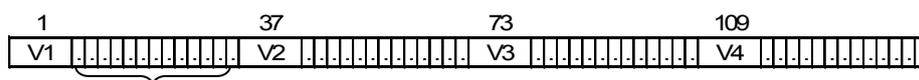
### 2.3. Процесс формирования трибутарного блока TU-12.

Трибутарный блок TU-12 формируется из одного виртуального контейнера VC-12 путем добавления указателя (PTR-Pointer). Цикл передачи составляет 36 байт и имеет длительность 125 мкс; сверхцикл состоит из 144 байт и имеет длительность 500 мкс; длительность передачи одного бита – 0,434мкс. Указатель PTR состоит из 4 байтов распределенных по сверхциклу передачи, по одному байту на цикл. Матричное представление трибутарного блока TU-12 имеет вид:

Цикл передачи TU-12



Сверхцикл передачи TU-12



Байты виртуального контейнера VC-12

Байты V1, V2, V3, V4 – составные части указателя PTR. Байты V1 и V2 имеют вид:





где: NNNN - флаг новых данных;  
 SS - тип тракта; I - биты положительного выравнивания;  
 D - биты отрицательного выравнивания.

Флаг новых данных принимает значение 1001 при новом значении PTR, но не при изменениях, связанных с выравниванием. NNNN принимает значение 0110 при нормальной работе. Изменений в PTR нет. SS - тип тракта. Для TU-12 SS принимает значение 10. Биты I указателя PTR используются при положительном выравнивании, когда длительность цикла VC-12 больше длительности цикла TU-12. D- биты PTR используются при отрицательном выравнивании, когда длительность цикла VC-12 меньше длительности цикла TU-12.

### 2.4 Процесс формирования трибутарного группового блока TUG-2

Трибутарный групповой блок TUG-2 формируется побайтным мультиплексированием трех трибутарных блоков TU-12. Цикл передачи составляет 108 байт и равен 125 мкс, сверхцикла нет. Длительность передачи одного бита – 144,676 нс.

Матричное представление трибутарного группового блока TUG-2 имеет 9 строк и 12 столбцов. В процессе мультиплексирования байты первого TU-12 занимают места в TUG-2 с номерами 1, 4,7,10 и т.д. Байты второго TU-12 соответственно – 2, 5, 8, 11 и т.д. Третьего TU-12 соответственно – 3,6,9,12 и т.д. Матричное представление трибутарного группового блока TUG-2 имеет вид:

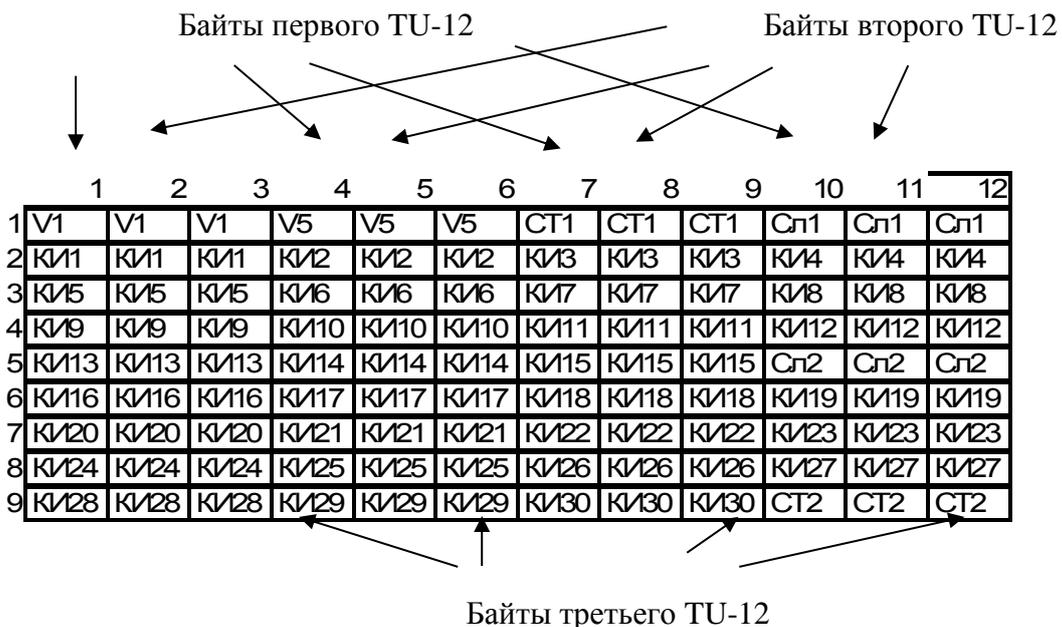


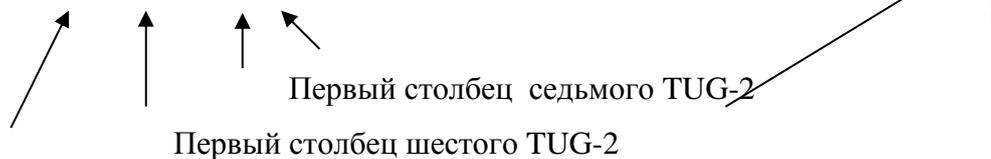
Рисунок 5.3 – Матричное представление трибутарного группового блока TUG-2

Впоследствии при отсутствии выравнивания скоростей структура столбцов сохраняется на любом шаге формирования синхронного транспортного модуля.

## 2.5 Процесс формирования трибутарного группового блока TUG-3

Трибутарный групповой блок TUG-3 формируется путем мультиплексирования семи трибутарных групповых блоков TUG-2 с последующим добавлением 3-х байтов нулевого указателя (NPI) и 15 байтов стаффинга. Трибутарный групповой блок TUG-3 содержит 774 байта. Цикл передачи – 125 мкс, скорость передачи – 49,536 Мб/с, длительность передачи одного бита – 20,187 нс. Матричное представление трибутарного группового блока TUG-3 содержит 9 строк и 86 столбцов. TUG-3 представлен на рисунке 2.2:

	1	2	3	4	...	8	11	10	...	16	17	...	83	84	85	86
1	NPI	FS	V1	V1	...	V1	V1	V5	...	V5	CT1	...	CT1	CT1	CT1	CT1
2	NPI	FS	K1/1	K1/1	...	K1/1	K1/1	K1/2	...	K1/2	K1/3	...	K1/4	K1/4	K1/4	K1/4
3	NPI	FS	K1/5	K1/5	...	K1/5	K1/5	K1/6	...	K1/6	K1/7	...	K1/8	K1/8	K1/8	K1/8
4	FS	FS	K1/9	K1/9	...	K1/9	K1/9	K1/10	...	K1/10	K1/11	...	K1/12	K1/12	K1/12	K1/12
5	FS	FS	K1/13	K1/13	...	K1/13	K1/13	K1/14	...	K1/14	K1/15	...	CT2	CT2	CT2	CT2
6	FS	FS	K1/16	K1/16	...	K1/16	K1/16	K1/17	...	K1/17	K1/18	...	K1/19	K1/19	K1/19	K1/19
7	FS	FS	K1/20	K1/20	...	K1/20	K1/20	K1/21	...	K1/21	K1/22	...	K1/23	K1/23	K1/23	K1/23
8	FS	FS	K1/24	K1/24	...	K1/24	K1/24	K1/25	...	K1/25	K1/26	...	K1/27	K1/27	K1/27	K1/27
9	FS	FS	K1/28	K1/28	...	K1/28	K1/28	K1/29	...	K1/29	K1/30	...	CT2	CT2	CT2	CT2



Первый столбец первого TUG-2      Двенадцатый столбец седьмого TUG-2  
 Первый столбец второго TUG-2      Двенадцатый столбец седьмого TUG-2  
 Рисунок 5.4 – TUG-3

NPI (Null Pointer Indication) - байты нулевого указателя. Они являются имитацией указателя PTR TU-3 формирующегося из потока E3. FS – байты стаффинга.

Мультиплексирование контейнеров TUG-2 происходит побайтно, но так как поле предназначенное для размещения результатов мультиплексирования имеет размеры кратные коэффициенту мультиплексирования, то структура столбцов контейнеров TUG-2 после мультиплексирования остается без изменения. Соответственно столбцы первого TUG-2 занимают в трибутарном групповом блоке TUG-3 столбцы с номерами 3, 10, 17, 24, 31, 38, 45, 52, 59, 66, 73, 80; столбцы второго TUG-2 – столбцы с номерами 4, 11, 18, 25, 32, 39, 46, 53, 67, 74, 81; далее по аналогии.



Байт идентификатора тракта (J2) используется для передачи информации о тракте. Пакет информации имеет длину 64 байта и в каждом виртуальном контейнере VC-4 передаётся очередной байт, а вся информация передаётся за 8 мс. Передаваемая информация позволяет отслеживать трассу прохождения в каждом случае, что особенно важно при наличии переключений. Обнаружение ошибок (B3) в тракте VC-4 производится с использованием В1Р-8. Значение байта сигнальной метки в шестнадцатеричной системе счисления:

- 00 - тракт не оборудован;
- 01 - тракт оборудован;
- 02 - структура TUG;
- 03 - структура TUG;
- 04 - заполнение сигналами контейнера C3;
- 12 - заполнение сигналом контейнера C4;
- 13 - АТМ, асинхронный режим;
- 14 - использование для сети MAN;
- 15 - использование для сети FDDI;
- FE - специальный тестовый сигнал 0181;
- FF - сигнал AIS, VC - AIS

Байт состояния тракта (G1) используется для оповещения противоположного пункта о приеме от него сигнала VC-4 с нарушениями качества работы. С помощью битов 1-4 формируется сигнал FEBE путем передачи информации о числе дефектных блоков, обнаруженных кодом В1Р-8(B3). При этом используются восемь значений от 0 до 8, остальные значения от 9 до 15 не используются. Если же эти значения появляются, то они интерпретируются как 0 (отсутствие ошибок). Бит 5 инициирует сигнал FERF (значение бита "1") для оповещения противоположного пункта об отсутствии приема или при приеме от него сигнала AIS или при неправильно сформированном сигнале. При нормальном состоянии тракта этот бит устанавливается в "0". Биты с 6 по 8 не используются.

Байт F2 предназначен для организации пользователем служебной связи.

Байт индикации сверхцикла (H4) используется как цикловая метка, когда полезная информация распределена по нескольким циклам, т.е. когда используется сверхцикл, например, при передаче контейнеров C 12. Последние два бита байта H4 несут информацию о наличии сверхцикла и используются для идентификации четырех отдельных подциклов.

## 2.7 Формирование административного блока AU-4

Административный блок AU-4 формируется путем загрузки виртуального контейнера VC-4 в пространство для загрузки VC-4 и добавления указателя PTR. AU-4 представлен на рисунке 5.4:

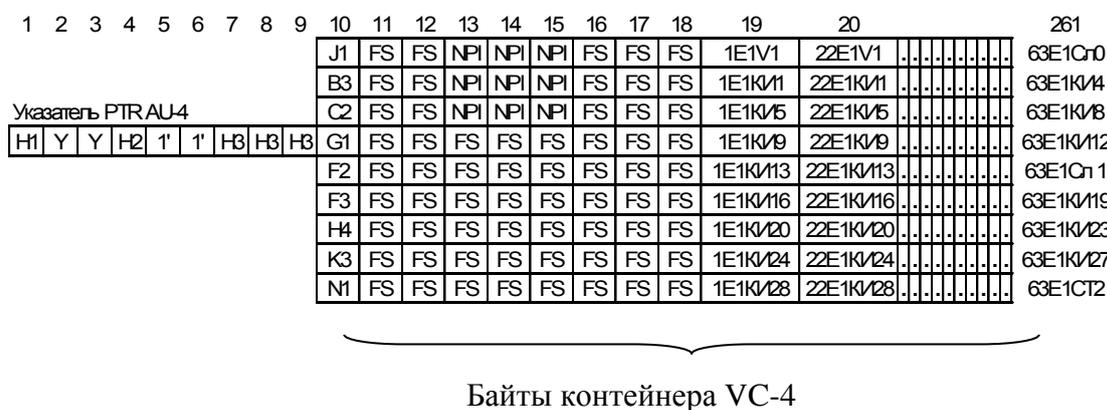


Рисунок 5.4 - Административный блок AU-4

Указатель PTR AU-4 показывает адрес ячейки, в которой находится первый байт POH VC-4. Значение байтов H1, H2 указателя PTR: NNNNSSID IDIDIDID (I и D - нечетные и четные биты.) NNNN - флаг новых данных. NNNN принимает значение 1001 при новом значении PTR, но не при изменениях, связанных с выравниванием. NNNN принимает значение 0110 при нормальной работе. Изменений в PTR нет. SS - тип тракта. Для AU-4 SS принимает значение равное 10. ID IDIDIDID - значение PTR, которое находится в диапазоне: 0-782. I - биты PTR используются при положительном выравнивании, когда длительность цикла VC4 больше длительности цикла AU. D-биты PTR используются при отрицательном выравнивании, когда длительность цикла VC4 меньше длительности цикла AU.

## 2.8 Формирование административного блока AUG

В европейском варианте формирования синхронного транспортного модуля административный блок AUG имеет ту же структуру, что и административный блок AU-4. То есть формирование AUG сводится к повторению административного блока AU-4

## 2.9 Формирование синхронного транспортного модуля STM-1

Синхронный транспортный модуль STM-1 состоит из секционного заголовка SOH и административного блока AUG. Блок SOH содержит 8 строк по 9 байт и подразделяется на секционный заголовок секции регенератора (RSOH) занимающий 1-3 строки и секционный заголовок мультиплексной секции (MSOH) занимающий 5-9 строки. Матричное представление синхронного транспортного модуля состоит из 9-и строк и 270-и столбцов, содержит 2430 байт, передается за 125 мкс. Скорость передачи STM-1 равна 155,52 Мб/с. Длительность передачи одного бита 6,43 нс. Синхронный транспортный модуль представлен на рисунке 5.5:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	...	270	
RSOH									J1	FS	FS	NPI	NPI	NPI	FS	FS	FS	1E1K1V1	22E1K1V1	...	63E1Cn0	
									B3	FS	FS	NPI	NPI	NPI	FS	FS	FS	1E1K1I1	22E1K1I1	...	63E1K1I4	
									C2	FS	FS	NPI	NPI	NPI	FS	FS	FS	1E1K1V5	22E1K1V5	...	63E1K1I8	
H1	Y	Y	H2	I'	I'	H3	H3	H3	G1	FS	FS	FS	FS	FS	FS	FS	FS	FS	1E1K1I9	22E1K1I9	...	63E1K1I12
MSOH									F2	FS	FS	FS	FS	FS	FS	FS	FS	1E1K1I13	22E1K1I13	...	63E1Cn1	
									F3	FS	FS	FS	FS	FS	FS	FS	FS	1E1K1I16	22E1K1I16	...	63E1K1I19	
									H4	FS	FS	FS	FS	FS	FS	FS	FS	1E1K1I20	22E1K1I20	...	63E1K1I23	
									K3	FS	FS	FS	FS	FS	FS	FS	FS	1E1K1I24	22E1K1I24	...	63E1K1I27	
									N1	FS	FS	FS	FS	FS	FS	FS	FS	1E1K1I28	22E1K1I28	...	63E1C12	

Рисунок 5.5 - Синхронный транспортный модуль.

Заголовок секции регенератора (RSOH) имеет вид: RSOH

A1	A1	A1	A2	A2	A2	J0	NU	NU
B1	Z	Z	E1	Z	Z	F1	NU	NU
D1	Z	Z	D2	Z	Z	D3	Z	Z

где: A1, A2 - байты сигнала синхронизации;

D1, D2, D3 - байты канала передачи данных DCC(R);

J0 - байт идентификатора ID модуля STM;

B1 - байт контроля ошибок (BIP-8);

E1 - байт канала служебной связи;

F1 - байт канала пользователя;

NU - байты зарезервированные, которые могут быть использованы в национальных целях;

Z - неиспользуемые байты.

Секционный заголовок мультиплексной секции (MSOH) имеет вид:

B2	B2	B2	K1	Z	Z	K2	Z	Z
D4	Z	Z	D5	Z	Z	D6	Z	Z
D7	Z	Z	D8	Z	Z	D9	Z	Z
D10	Z	Z	D11	Z	Z	D12	Z	Z
S1	Z1	Z1	Z2	Z2	M1	E2	NU	NU

где: B2 - байты контроля ошибок (BIP-24);

K1, K2 - байты каналов автоматического защитного переключения APS;

D4 – D12 - байты канала передачи данных DCC(M);

S1 – байт статуса синхронизации;

E2 - байт канала служебной связи;

M1 - байт сигнала FEBE;

S2 - байт статуса синхронизации;

NU - байты зарезервированные, которые могут быть использованы в национальных целях;

Z - неиспользуемые байты.

Байты сигнала синхронизации имеют значения : A1 = 11110110, A2 = 00101000. Каждый сигнал STM-1 в уплотненном сигнале STM-N включает этот сигнал синхронизации. В STM-4 таких байтов синхронизации содержится (4x6=24). В STM-16 таких байтов синхронизации содержится (16x6=96).

Байты канала передачи данных DCC(R) – Data Communication Channel RS (D1, D2, D3) предназначены для организации каналов передачи данных между регенераторами со скоростью 64x3 Кбит/с. Этот канал организуется только в первом STM-1 в составе STM-N.

Байты канала передачи данных DCC(M) – Data Communication Channel MS (D4-D12) предназначены для организации каналов передачи данных между мультиплексорами со скоростью 64x9 Кбит/с. Этот канал организуется только в первом STM-1 в составе STM-N.

Байт идентификатора ID модуля STM (J0) работает следующим способом: численное значение ID присваивается каждому модулю STM-1 перед последующим уплотнением в STM-N, это число используется для определения и проверки положения отдельного STM-1 в STM-N в процессе разуплотнения. Значение ID записывается в байт C1 заголовка каждого STM-1.

Байт канала служебной связи E1 предназначен для организации телефонного канала между регенераторами. Байт канала служебной связи E2 предназначен для организации телефонного канала между мультиплексорами. Они (E1, E2) организуются только в первом STM-1 в составе STM-N.

Байт канала пользователя (F1) зарезервирован для оператора сети. Он организуется только в первом STM-1 в составе STM-N.

Байт контроля ошибок (BIP-8) (B1) служит для контроля ошибок с использованием кода BIP-8, возникающих в секциях регенерации (регенерационная секция). Он организуется только в первом STM-1 в составе STM-N.

Три байта контроля ошибок (BIP-24) (B2) служат для контроля ошибок с использованием кода BIP-24, возникающих между мультиплексорами (мультиплексная секция). При использовании STM-N могут использоваться в каждом STM-1. Строки RSOH не учитываются при формировании значения B2. Это означает, что изменения B1, происходящие в регенераторах, не влияют на значение B2.

Байты каналов автоматического защитного переключения APS (K1, K2) используются следующим образом: биты 6,7 и 8 байта K2 устанавливаются в "1" при появлении аварии на мультиплексном участке и являются сигналом индикации аварии MS-AIS. Установкой битов 6,7 и 8 байта K2 в состояние "110" формируется сигнал FERF для оповещения противоположного пункта об отсутствии приема от него сигнала или при приеме от него сигнала AIS. Остальные биты байтов K1, K2 используются для оповещения при резервировании трактов STM по схеме 1:p (p=1-14). Эти байты организуется только в первом STM-1 в составе STM-N.

Байт сигнала FEBE (M1) предназначен для формирования сигнала FEBE при оповещении противоположного пункта о приеме от него сигнала с ошибками и содержит количество блоков с ошибками, обнаруженными с помощью кода BIP-24(B2). Используемыми значениями этого байта являются 0-24 для STM-1 и 0-96 для STM-4. Другие значения, которые могут быть представлены с помощью 8 битов, не должны формироваться в нормальных условиях. В настоящее время байт M1 задействован только для STM-1 и STM-4.

Байт статуса синхронизации (S1) показывает качество синхросигнала.

### 3 Задание

- Рассчитать процентное соотношение данных, передаваемых с оконечного оборудования абонента, и служебных данных, внедряемых аппаратурой SDH в структуры контейнеров C-12, C-3, и C-4;

- рассчитать процентное соотношение данных, передаваемых с окончного оборудования абонента, и служебных данных, внедряемых аппаратурой SDH в структуру синхронного транспортного модуля;
- рассчитать информационные скорости всех структур, организуемых по ходу формирования синхронного транспортного модуля, с учетом вариантов использования в качестве трибутарных сигналов комбинации из разноуровневых плезиохронных потоков;
- рассчитать месторасположение конкретного байта или группы байтов трибутарного потока в промежуточных структурах, организуемых по ходу формирования синхронного транспортного модуля, и самом синхронном транспортном модуле, принимая ситуацию согласования скоростей идеальной;
- рассчитать месторасположение конкретного байта или группы байтов трибутарного потока в промежуточных структурах, организуемых по ходу формирования синхронного транспортного модуля, и самом синхронном транспортном модуле, с учетом возможного рассогласования скоростей или используя заданное рассогласования скоростей.

Используемые формулы:

Найти номер конкретного канального интервала трибутарного потока в контейнере C-12 в первом его отчете можно по формуле:

$$N=m+1 \quad (3.1)$$

где  $m$  – номер байта, занимаемого интересующим канальным интервалом в потоке E1;

Найти номер конкретного канального интервала трибутарного потока в виртуальном контейнере VC-12 можно по формуле:

$$N=m+2+34(c-1)+2(a-1) \quad (3.2)$$

где  $m$  – номер байта, занимаемого интересующим канальным интервалом в потоке E1;

$a$  – номер цикла передачи VC-12;

$c$  – номер цикла передачи C-12.

Найти номер конкретного канального интервала трибутарного потока в трибутарном блоке TU-12 можно по формуле:

$$N=m+3+34(c-1)+2(a-1)+p-1+\Delta \quad (3.3)$$

где  $p$  - номер цикла передачи TU-12;

$\Delta$  – сдвиг контейнера VC-12 внутри структуры TU-12.

Найти номер конкретного канального интервала трибутарного потока в трибутарном групповом блоке TUG-2 можно по формуле:

$$N=(m+3+\Delta)*3-3+k \quad (3.4)$$

где  $k$  – номер мультиплексируемого трибутарного блока TU-12.

Найти номер конкретного канального интервала трибутарного потока в трибутарном групповом блоке TUG-3 можно следующим способом:

$$z = ((m+3 + \Delta) * 3 - 3 + k) * 7 + g$$

$$N = z + 2 * \text{ОКРВВЕРХ}(z/84) \quad (3.5)$$

где

k – номер мультиплексируемого трибутарного блока TU-12;

g - номер мультиплексируемого трибутарного группового блока TUG-2;

ОКРВВЕРХ – округление результата деления до ближайшего большего целого числа.

Данный переход возникает вследствие добавления к результату мультиплексирования 2-х столбцов (NPI+FS). Число 84 – длина поля занимаемого мультиплексируемыми трибутарными групповыми блоками TUG-2 на одной строке.

Найти номер конкретного канального интервала трибутарного потока в виртуальном контейнере VC-4 можно следующим способом:

$$z_1 = ((m+3 + \Delta) * 3 - 3 + k) * 7 + g;$$

$$z_2 = (z_1 + 2 * \text{ОКРВВЕРХ}(z_1/84)) * 3 + y - 3$$

$$N = z_2 + 3 * \text{ОКРВВЕРХ}(z_2/258) \quad (3.6)$$

где m - номер байта, занимаемого интересующим канальным интервалом в потоке E1;

k – номер мультиплексируемого трибутарного блока TU-12;

g - номер мультиплексируемого трибутарного группового блока TUG-2;

y - номер мультиплексируемого трибутарного группового блока TUG-3;

ОКРВВЕРХ – округление результата деления до ближайшего большего целого числа.

Данный переход возникает вследствие добавления к результату мультиплексирования 3-х столбцов (PRT-VC-4+FS). Число 84 – длина поля занимаемого мультиплексируемыми трибутарными групповыми блоками TUG-2 на одной строке TUG-3, число 268 - длина поля занимаемого мультиплексируемыми трибутарными групповыми блоками TUG-3 в одной строке виртуального контейнера VC-4.

Найти номер конкретного канального интервала трибутарного потока в синхронном транспортном модуле STM-1 можно следующим способом:

$$z_1 = ((m+3 + \Delta) * 3 - 3 + k) * 7 - 7 + g;$$

$$z_2 = (z_1 + 2 * \text{ОКРВВЕРХ}(z_1/84)) * 3 + y - 3$$

$$z_3 = z_2 + 3 * \text{ОКРВВЕРХ}(z_2/258) + \beta$$

$$N = z_3 + 9 * \text{ОКРВВЕРХ}(z_3/258) \quad (3.7)$$

где m - номер байта, занимаемого интересующим канальным интервалом в потоке E1;

k – номер мультиплексируемого трибутарного блока TU-12;

g - номер мультиплексируемого трибутарного группового блока TUG-2;

y - номер мультиплексируемого трибутарного группового блока TUG-3;

$\beta$  – сдвиг виртуального контейнера VC-4 внутри структуры административного блока.

Содержание отчета:

1. Тема, постановка задачи.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Структуру синхронного транспортного модуля, загруженного в соответствии с индивидуальным заданием.
4. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Чему равна размерность STM-1 и за какое время он передаётся?
2. Каким образом формируется виртуальный контейнер?
3. Для чего служат указатели PTR?
4. С какой скоростью передаётся STM-1?
5. Где размещается синхросигнал?
6. Какие контейнеры используются для размещения цифровых потоков?
7. Чему равны размерности трактовых заголовков?

Список рекомендуемых источников

1. Крухмалев В. В., Гордиенко В.Н., А. Д. Моченов. Цифровые системы передачи: Учебное пособие. М.: Горячая линия - Телеком, 2012.
2. Гордиенко В.Н., Тверецкий М.С. Многоканальные телекоммуникационные системы. Учебник для вузов. М.: Горячая линия - Телеком, 2013.