



**Некоммерческое
акционерное
общество**

**АЛМАТИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ЭНЕРГЕТИКИ И
СВЯЗИ ИМЕНИ
ГУМАРБЕКА
ДАУКЕЕВА**

Кафедра телекоммуникаций
и инновационных
технологий

МНОГОКАНАЛЬНЫЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Методические указания по выполнению курсовой работы
для студентов образовательной программы
6В06201 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Алматы 2021

СОСТАВИТЕЛИ: Байкенов А.С., Киргизбаева А.У. Многоканальные телекоммуникационные системы. Методические указания по выполнению курсовой работы для студентов ОП 06201 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации. – Алматы: АУЭС, 2021. – 32 с.

Методические указания содержат задание и руководство по выполнению курсовой работы.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по ОП 06201 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации.

Рецензент: к.т.н. проф. АУЭС Туманбаева К.Х.

Печатается по плану издания некоммерческого акционерного общества «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева» на 2020 г.

© НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», 2021 г.

Введение

Данные методические указания составлены для студентов 4 курса ОП «Радиотехника, электроника и телекоммуникации» по дисциплине «Многоканальные телекоммуникационные системы».

Курсовая работа посвящена изучению вопросов проектирования цифровых транспортных сетей плездохронной (PDH) и синхронных иерархий (SDH).

В методических указаниях представлены вопросы построения системы передачи PDH, структуры цикла и сверхцикла передачи цифровой системы, вопросы восстановления сигнала в регенераторе, выбора длины кабеля и длины участка регенерации, а также вопросы проектирования участка транспортной сети SDH между заданными пунктами с разработкой сетей резервирования, синхронизации и управления. Для этого необходимо произвести расчеты нагрузки, выбрать оптический кабель, мультиплексоры и тип интерфейса в сети.

В курсовой работе приводятся необходимые обоснования принимаемых решений, выполненные расчеты, функциональные схемы, таблицы и графики, необходимые для пояснения. В курсовой работе нет необходимости приводить теоретический материал из учебников и интернета.

Номер варианта каждого студента определяется двумя последними цифрами номера студенческого билета Исходные данные, помещенные в приложении А и Б, выбираются по двум последним цифрам номера студенческого билета.

В пояснительной записке необходимо: обосновать цель курсовой работы, произвести расчеты в соответствии с исходными данными и в заключение сделать вывод о проделанной работе.

1. Задание

Данная курсовая работа состоит из двух частей: проектирование цифровой системы передачи и проектирование транспортной сети на основе технологии SDH.

1.1 Разработка системы PDH

1.1.1 Выбрать частоту дискретизации телефонных сигналов, рассчитать количество разрядов в кодовом слове и защищенность от искажений квантования на выходе каналов ЦСП.

1.1.2 Разработать структурную схему системы цифровой транспортной системы PDH.

1.1.3 Разработать структуру цикла системы PDH.

Исходные данные приведены в таблице А.1 в приложении А.

1.2 Разработать цифровую систему передачи SDH

1.2.1 Рассчитать общее число первичных цифровых потоков для каждого узла транспортной сети с учетом развития.

1.2.2 Произвести конфигурацию узлов транспортной сети.

1.2.3 Разработать организацию тактовой сетевой синхронизации.

1.2.4 Разработать организацию сети управления.

1.2.5 Выбор аппаратуры SDH.

Исходные данные приведены в приложении Б.

2 Методические указания по выполнению курсовой работы по теме PDH

В приложении А приведены исходные данные, относящиеся к проектированию цифровой системы передачи.

Все разделы курсовой работы необходимо выполнять в той последовательности, которая указана в заданиях на курсовую работу.

2.1 Теоретические сведения для выбора частоты дискретизации

На основе теоремы отчетов осуществляется выбор частоты дискретизации, которая формулируется так: в непрерывный во времени сигнал $c(t)$, спектр которого ограничен полосой частот от 0 до F_g , полностью определяется своими мгновенными значениями, взятыми в точках, через интервалы времени:

$$T_d \leq \frac{1}{2 \cdot F_g}, \quad (1)$$

или с частотой дискретизации:

$$f_d \geq 2 \cdot F_g. \quad (2)$$

Перед дискретизацией производится ограничение спектра исходного сигнала, потому что исходный аналоговый сигнал обычно не имеет четко выраженной верхней граничной частоты.

Для канала тональной частоты (ТЧ) f_g составляет 3400 Гц. Тогда в соответствии с теоремой отчетов f_d можно выбрать равной 68000 Гц. Но для упрощения фильтров f_d выбирается несколько больше, чем $2f_g$. Таким образом, частота дискретизации $f_d = 8000$ Гц.

2.1.1 Расчет количества разрядов в кодовом слове.

При заданной величине защищенности от шума квантования на выходе канала и количества переопределений по ТЧ производится расчет количества разрядов в коде. Квантование – это замена амплитуды каждого отсчета

значением разрешенных уровней квантования. Шагом квантования называется интервал между двумя соседними уровнями квантования.

При отличном качестве:

$$\frac{P_c}{P_{кв}} \geq 26 \text{ дБ} \quad (3)$$

где P_c – мощность сигнала,

$P_{кв} = \delta^2/12$ – мощность искажения.

Нужно 2000 уровней при квантовании при этих условиях или 11 разрядов кодовой группы с учетом динамического диапазона уровней телефонии. Но отношение $\frac{P_c}{P_{кв}}$ для сигналов с большим уровнем мощности намного превосходит требуемое значение.

Для обеспечения одинакового качества передачи $\frac{P_c}{P_{кв}} = const$ для сигналов с малым и большими уровнями, необходимо увеличить шаг квантования с увеличением уровня сигнала, то есть осуществить неравномерное квантование. Естественно, что при этом уменьшается число уровней квантования, а следовательно, и соответствующее им число разрядов двоичного кода.

Постоянство соотношения $\frac{P_c}{P_{кв}} = const$ достигается изменением шага квантования пропорционально входному сигналу в соответствии с логарифмической характеристикой, что эквивалентно компрессии (то есть логарифмическому усилению) сигнала с дальнейшим равномерным квантованием.

Формула для определения количества разрядов в кодовой комбинации:

$$m = Ц \{ [A_3 + 10 \lg(n+1) + (15...17)] / 6 \} \quad (4),$$

где символ Ц означает ближайшее число, больше числа, стоящего в квадратных скобках (то есть результат нужно округлить в большую сторону). Например, при: $n = 3$ – количество переключений по ТЧ.

$A_3 = 22$ дБ – защищенность от шумов квантования.

$$m = Ц \{ [[A_3 + 10 \lg(n+1) + (15...17)] / 6 \} = Ц [[22 + 10 \cdot \lg 4 + 17] / 6] = Ц [7,51] = 8$$

Таким образом, количество разрядов в кодовом слове $m = 8$.

2.1.2 Расчет защищенности от искажений квантования на выходе каналов

В ЦСП применяется кусочно-ломанная характеристика компрессии. Согласно рекомендации МККТТ, это компрессия на 16-сегментной

характеристике. Для расчета защищенности от шума квантования при неравномерном квантовании рассмотрим кодер с неравномерной шкалой квантования в виде каскадного соединения компрессора с характеристикой, показанной на рисунке 2.1, и кодер с равномерной шкалой квантования на рисунке 2.2.

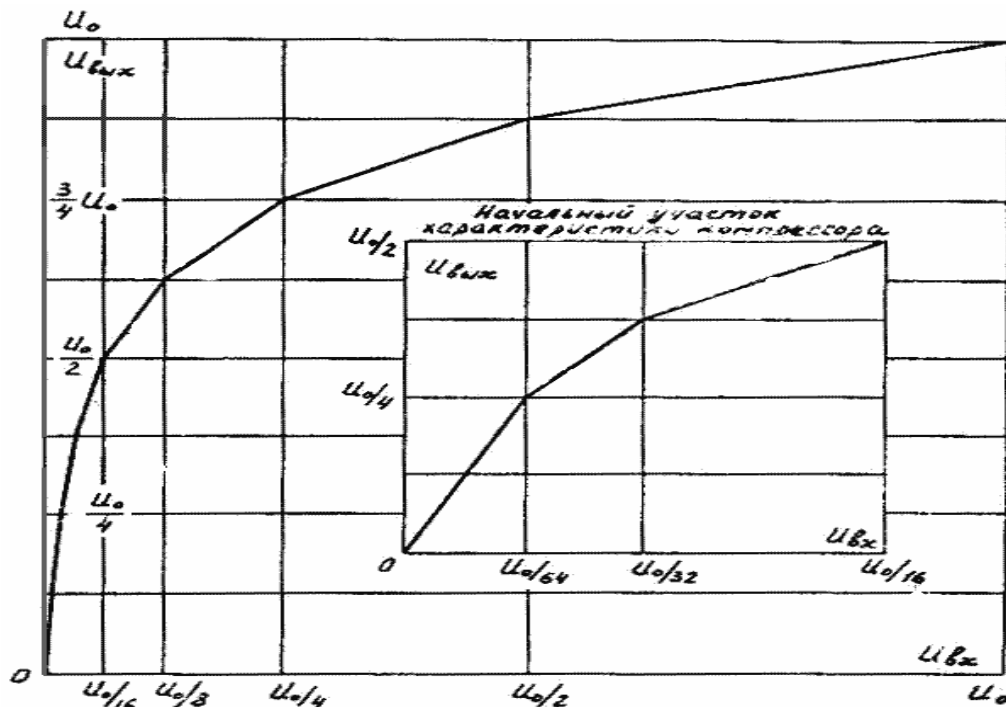


Рисунок 2.1 – Характеристика компрессора с неравномерным шагом квантования

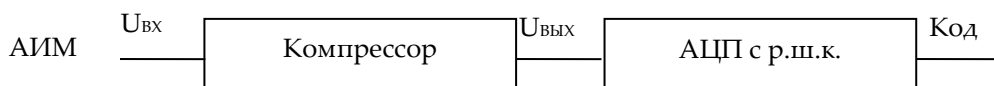


Рисунок 2.2 – Кодер с равномерной шкалой

Рассчитаем по (5) максимальную величину защищенности сигнала в пункте приема с учетом полученной разрядности кода (8), заданного числа переприемов по ТЧ(3) и аппаратурных погрешностей кодера.

$$A_{з \max} = 6 \cdot m - 10 - 10 \cdot \lg(n + 1) - (2 \dots 3), \text{дБ}; \quad (5)$$

$$A_{з \max} = 6 \cdot 8 - 10 - 10 \cdot \lg(3 + 1) - 2 = 48 - 10 - 6,02 - 2 = 30 \text{ дБ};$$

Рассчитаем минимальную величину защищенности, которая на 3...4 дБ ниже максимальной:

$$A_{3 \min} = A_{3 \max} - (3 \dots 4), \text{ дБ} \quad (6)$$

$$\dot{A}_{\zeta \min} = \dot{A}_{\zeta \max} - (3 \dots 4) = 30 - 4 = 26 \text{ дБ.}$$

Построим зависимость защищенности сигнала на выходе канала от его уровня.

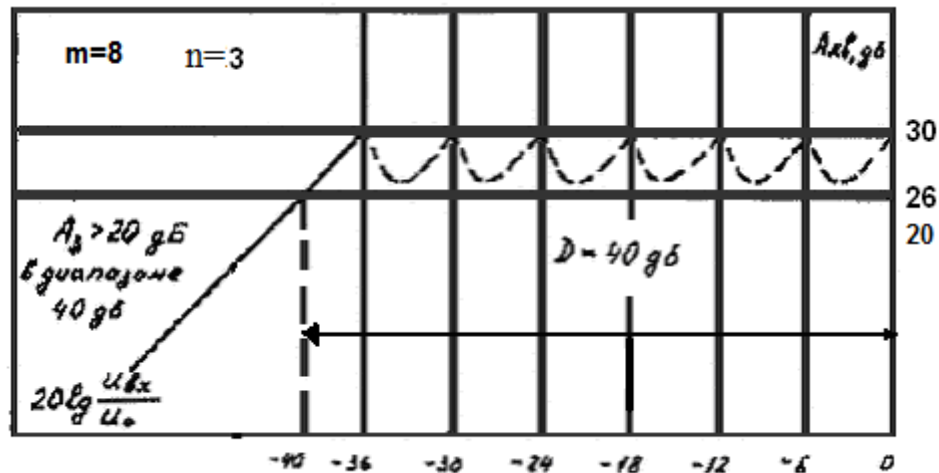


Рисунок 2.3 – График защищенности от шумов квантования на выходе канала ТЧ

Последний максимум определяется из (6) и соответствует:

$$P_c = 0 - 6 \cdot (m - 1), \text{ дБ} \quad (7)$$

$$P_c = 0 - 6 \cdot (8 - 1) = -42, \text{ дБ.}$$

Здесь при условии $P_c < -42$ дБ характеристика компрессии является прямолинейной, и поэтому A_3 убывает на 1 дБ при уменьшении уровня входного сигнала на такую же величину. Диапазон изменения уровня входного сигнала, в котором защищенность остается не ниже заданной, можно определить непосредственно из рисунка. При $\dot{A}_3 = 25$ дБ $D = 40$ дБ.

2.2 Разработка укрупненной структурной схемы окончного оборудования ЦСП

Вначале необходимо выбрать емкость первичной системы передачи для разработки структурной схемы. Для этого нужно использовать 30-ти канальную систему передачи (ИКМ-30). Далее формируем две ступени группообразования для получения группового сигнала.

Схема окончного оборудования цифровой системы передачи будет в общем соответствовать схемам на рисунках 2.4 и 2.5, где число БЦС (блок

цифрового сопряжения) будет у каждого варианта свое в зависимости от числа передаваемых каналов ТЧ.

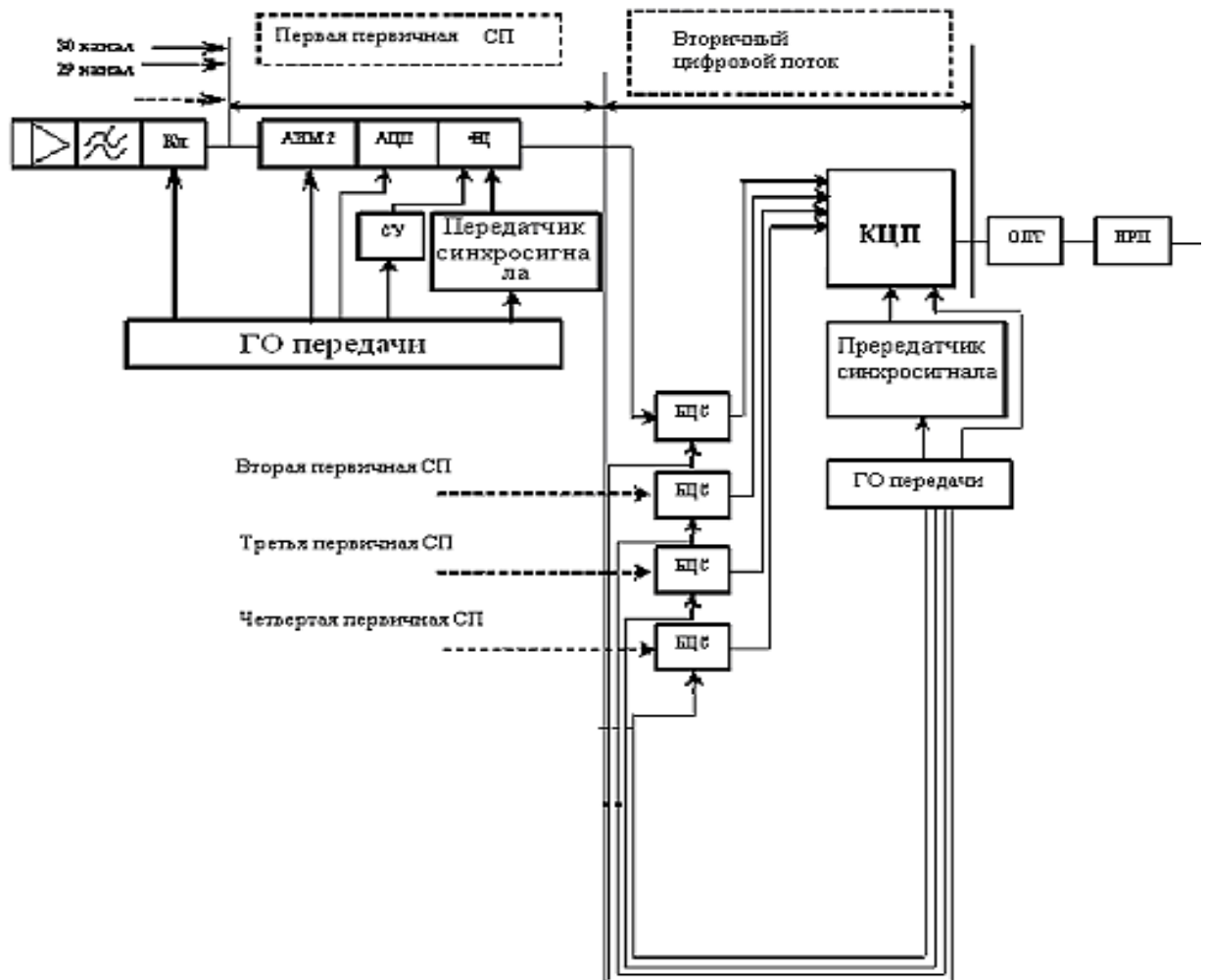


Рисунок 2.4 – Структурная схема ЦСП (схема передачи)

Аналоговый сигнал $c(t)$, ограниченный по спектру с использованием фильтра низкой частоты, дискретизируется по времени согласно теореме отчетов с удвоенной частотой верхней границы спектра. В результате получается индивидуальный амплитудно-импульсный сигнал. Полученный групповой АИМ-2 сигнал квантуется по уровню (тогда как в групповых кодерах эти две операции совмещены). Операция квантования приводит к нелинейным искажениям группового сигнала, что получило название – шум квантования. Эти шумы являются определяющими по сравнению с шумами ограничения амплитуды и шумами от дискретизации. Поэтому характеристики квантователя (K_b) выбираются очень тщательно.

После кодирования АИМ-2 сигнал превращается в групповой импульсно-кодированный сигнал (ИКМ-сигнал). Далее он объединяется с сигналами синхронизации (СС), сигналами управления и взаимодействия (СУВ), сигналами дискретной информации (ДИ). И таким образом, формируется цикл передачи. Здесь следует отметить, что в отличие от многоступенчатых иерархий PDH

(например, в европейской иерархии их 4, у каждого варианта будет своя двухступенчатая, аналогичная ЦСП-ИКМ-120, по числу ступеней).

Также в цикле необходимо предусмотреть служебные сигналы согласования скоростей. Это временное групповое объединение осуществляется в КЦП, где объединяются все первичные потоки. У каждого варианта они будут своими. Далее групповой ИКМ сигнал поступает в устройство окончания литейного тракта, где сигнал перекодируется к виду наиболее подходящему для среды передачи (медь, волокно, эфир), то есть получается линейный сигнал.

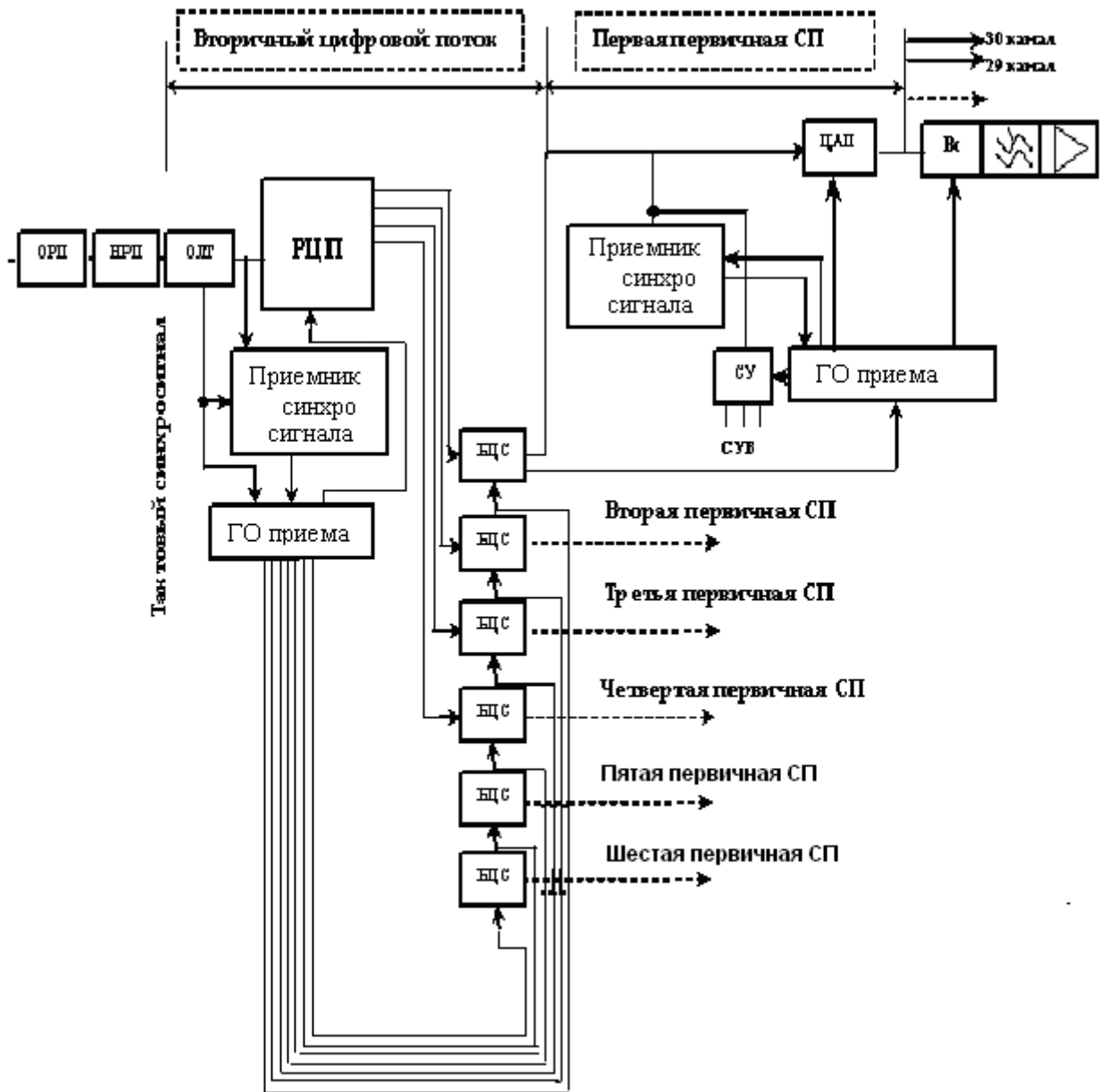


Рисунок 2.5 – Структурная схема ЦСП (схема приема)

Высокоскоростной ИКМ-сигнал преобразуется в сигнал для цифрового линейного тракта. При передаче и регенерации цифрового сигнала возникают ошибки, частота возникновения которых определяется коэффициентом ошибок.

В цифровых системах передачи сигнал тактовой частоты выделяется из входящего потока с некоторой погрешностью от тактовой частоты, что приводит к фазовым дрожаниям и, в конечном итоге, к нелинейным искажениям сигнала.

В приемном оборудовании окончания линейного тракта (ОЛТ) осуществляется преобразование кода в ИКМ-сигнал. Далее в блоке разделителя цифрового потока (РЦП) происходит временное разделение цифрового сигнала по блокам цифрового сигнала (БЦС). На рисунке 2.5 показаны для примера 6 БЦС, что не соответствует европейской иерархии цифровых скоростей PDH. Это необходимо для передачи 180 каналов ТЧ двухступенчатой системой ЦСП.

Сигналы синхронизации могут быть получены из входного сигнала вместе с сигналами управления и взаимодействия (СУВ). Потеря сигналов синхронизации может привести к относительно длительной потере связи в цифровой системе передачи.

В декодирующем устройстве (ЦАП) формируется групповой амплитудно-импульсный сигнал.

Далее из него временным селектором (ВС) выделяются АИМ сигналы для каждого канала и восстанавливается аналоговый сигнал с помощью фильтра низких частот (ФНЧ_{пр.}).

Можно выделить два больших класса искажений, возникающих в трактах цифровых систем передачи:

- искажения в аппаратуре на передачи, из-за дискретизации и квантования;

- искажения в линейном тракте (случайные ошибки, фазовые дрожания).

Коммутатор цифровых потоков (КЦП) на передаче предназначен для:

- генерации циклового синхросигнала в начале каждого цикла передачи;

- ввода в групповой цифровой поток служебных сигналов связи и дискретной информации;

- передачи сигналов о потере циклового синхронизма и вызова по цифровой служебной связи.

Распределитель цифровых потоков (РЦП) разделяет групповой цифровой поток на приеме на четыре (шесть как в примере) первичных потоков и выделяет служебные сигналы.

2.3 Расчет тактовой частоты агрегатного цифрового сигнала и разработка структуры временных циклов первичного цифрового сигнала

Тактовую частоту для цифровой системы передачи можно получить по формуле для первичной системы ИКМ-30:

$$F_{T_1} = N \cdot f_{\delta} \cdot m, \text{ кГц}; \quad (8)$$

$$F_{T_1} = 32 \cdot 8 \cdot 8 = 2048 \text{ кГц.}$$

На второй ступени группообразования PDH потоки объединяются или синхронным, или асинхронным способом. В курсовой работе предусматриваются только две ступени. При синхронном группообразовании используется (только) один задающий генератор, который задает частоту вторичного (группового) потока. Затем из этого сигнала путем деления частоты получают сигналы хронирования для входящих первичных цифровых систем. В общем случае тактовые частоты систем низшего порядка, полученные от своих генераторов, могут отличаться друг от друга. Это определяет асинхронный режим передачи. Здесь необходимо применение цифрового выравнивания. В этом режиме в объединенный цифровой сигнал вводят дополнительные (выравнивающие) символы либо удаляют информационные символы, которые потом передаются по дополнительному служебному каналу. Такая операция называется стаффингом (staffing).

Зависимость между тактовой частотой соединяемых символов F_{T_1} и тактовой частотой объединенного сигнала F_T имеет при обоих способах объединения цифровых потоков (имеет) следующий вид:

$$F_T = M \cdot F_{T_1} \cdot (1 + q), \text{ МГц}; \quad (9)$$

где q – отношение числа вводимых дополнительных символов в цикле объединенного сигнала к числу информационных символов,

M – количество объединяемых потоков.

Пример расчета. Рассчитаем количество объединяемых потоков, то есть первичных СП для заданного числа каналов 180. Будем строить цикл на основе структуры второй ступени передачи европейской PDH-ИКМ-120:

$$M = \frac{N}{n}, \quad (10)$$

где n – число каналов в первичной системе передачи-ИКМ30 с потоком

E1:
$$M = \frac{180}{30} = 6.$$

Величина избыточности при асинхронном объединении немного больше, чем при синхронном из-за передачи команд согласования скоростей первичных цифровых потоков. В работе нужно принять $q = 0,03$ при синхронном объединении и $q = 0,04$ при асинхронном объединении.

При синхронном объединении ($q = 0,03$):

$$F_T = 6 \cdot 2048 \cdot (1 + 0,03) = 12,656 \text{ кГц};$$

При асинхронном объединении ($q = 0,04$):

$$F_T = 6 \cdot 2048 \cdot (1 + 0,04) = 12,779 \text{ кГц}.$$

2.3.1 Разработка синхронной структуры цикла

Определим среднюю величину времени поиска сигнала цикловой синхронизации и сравним ее с нормой $T_{сп} \leq 0,5 \text{ мс}$ для системы ИКМ-120.

Оценим среднее время восстановления состояния циклового синхронизма по следующей формуле:

$$T_{cp} \approx \left(\frac{H}{2^B} + 1 \right) \cdot T_o, \quad (11)$$

где H – число информационных позиций, заключенных между двумя соседними синхрокомбинациями,

b – количество символов в синхрокомбинации,

T_o – временной интервал между двумя ближайшими синхрокомбинациями.

Методика расчета T_{cp} :

Отношение числа информационных и служебных символов в цикле передачи для каждого цифрового входного потока сигнала системы первого уровня можно представить так:

$$\frac{f_3}{(f_{cч} - f_3)} = \frac{a}{b}, \quad (12)$$

где a – минимальное число информационных символов, b – служебных символов в одном входном цифровом потоке.

Частоты записи и считывания: $f_3 = F_{T1}$, $f_{cч} = \frac{F_T}{M}$

При этом общее число информационных M_u и служебных M_c символов в цикле передачи будет определяться соотношениями $M_u = i \cdot M \cdot a$, $M_c = i \cdot M \cdot b$, где $i = 1, 2, 3, \dots$. Тогда минимальное значение i выбирается из условия:

$$i = 1 + \frac{M \cdot d_c + d_{uc} + d_{cn} + d_k + d_o + d_n}{M \cdot b}. \quad (13)$$

Также нужно учитывать требования к структуре разрабатываемого цикла:

— для обеспечения снижения памяти в КЦТ (устройстве временного группообразования) число служебных символов, следующих подряд, должно быть минимальным;

— сигнал синхронизации должен быть сосредоточенным с требуемой длительностью для обеспечения минимального времени восстановления синхронизма;

— команды согласования скоростей должны быть распределены по циклу для обеспечения максимальной помехоустойчивости;

— для уменьшения времени вхождения в синхронизм необходимо, чтобы длительность цикла была минимальной;

— для обеспечения минимизации объема памяти запоминающих устройств в КЦП (коммутаторе цифровых потоков) распределение служебных символов в цикле должно быть равномерным;

—разработанный цикл должен обеспечивать возможность работы системы как в синхронном, так и в асинхронном.

Отношение числа информационных и служебных символов в цикле передачи во входном первичном потоке будет:

$$\frac{a}{b} = \frac{2048}{\frac{12656}{6} - 2048} = \frac{33}{1}.$$

Поэтому число информационных (a_1) и служебных (b_1) символов в разрабатываемом цикле соответственно равно:

$$a_1 = M \cdot a = 6 \cdot 33 = 198,$$

$$b_1 = M \cdot b = 6 \cdot 1 = 6.$$

Отсюда общее число информационных и служебных символов в цикле равно:

$$M \cdot a + M \cdot b = 198 + 6 = 204.$$

Длину в битах команды согласования скоростей d_c нужно выбрать равную трем:

$$d_c = M \cdot 3 = 6 \cdot 3 = 18.$$

Можно принять $d_k = d_i = d_{сл} = d_d = 4$ при синхронном режиме. Где d_k , d_i , $d_{сл}$, d_d – служебные сигналы дополнительной информации, места вставок, служебной связи и дискретной информации соответственно. В рассматриваемом примере для числа каналов 180 длину сигнала цикловой синхронизации принимаем $d_{цс} = 8$ как в системе ИКМ-120.

Находим минимальное значение i :

$$i = \frac{6 \cdot 3 + 8 + 4 + 4 + 4 + 4}{6 \cdot 1} = 7.$$

Общее число импульсных позиций в цикле:

$$H = i \cdot M \cdot a + i \cdot M \cdot b = 7 \cdot 6 \cdot 33 + 6 \cdot 7 \cdot 1 = 1428.$$

Частота следования циклов равна:

$$f_u = \frac{C_{вп}}{H} = \frac{12656}{1428} = 8,86 \text{ Гц},$$

где $C_{вп}$ – номинальная скорость передачи сигналов системы высшего порядка.

Далее рассчитываем время вхождения в синхронизм для рассчитанного цикла передачи, то есть оценим среднее время восстановления циклового синхронизма. Для этого найдем это значение и сравним его с нормой, которая равна $T_{cp} \leq 0,5 \text{ мс}$.

$$T_o = T_u = 1/f_u = 0,11, \text{ мс}$$

$$T_{cp} = \left(\frac{H}{2^B} + 1 \right) \cdot T_o = \left(\frac{1428}{2^8} + 1 \right) \cdot 0,11 = 0,26 \text{ мс}$$

Значит, расчет верен.

3 Проектирование транспортной сети на основе технологии SDH

3.1 Расчет числа цифровых потоков SDH

Важным этапом планирования сети является определение необходимой пропускной способности. В приведенных таблицах приложения Б приведена оценка трафика сигналов VC-12 (2 Мбит/с) в сети, состоящей из n станций. Оценка трафика производится для двух этапов: год X и год Y. В величину трафика для года Y входит величина трафика года X. Количество защищенных (резервируемых) сигналов VC-12 указано скобках.

Расположение первичного и вторичного генераторов определяется произвольно.

Топология транспортной сети SDH выбирается согласно последнему номеру зачетной книжки, а соответствующая таблица исходных данных – по предпоследней цифре.

Вначале необходимо произвести расчеты по числу цифровых потоков для транспортной сети SDH. Результаты расчетов необходимо свести в таблицу 3.1

Т а б л и ц а 3.1 – Оценка трафика сигналов VC-12 (2 Мбит/с) в сети, состоящей из n станций

	год X	год Y								
A	A		год X	год Y						
B	50(20)	51(14)	B		год X	год Y				
C	22(10)	32(14)	30(5)	28(16)	C		год X	год Y		
D	18(6)	10(7)	31(11)	21(12)	–	38(14)	D		год X	год Y
E	25(16)	–	28(17)	17(-)	17(6)	16(7)	12(3)	24(6)	E	
F	6(6)	15(5)	9(6)	11(5)	9(9)	2(2)			45(19)	24(18)

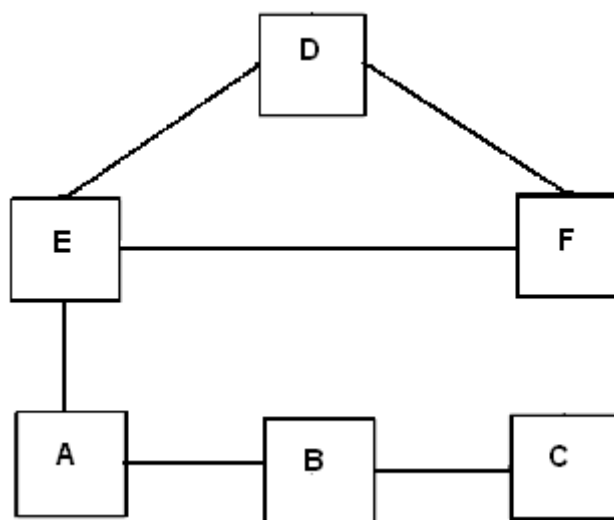


Рисунок 3.1 – Схема сети SDN

Т а б л и ц а 3.2 – Первичные потоки узлов транспортной сети

	ГОД 2010	ГОД 2011	ГОД 2010	ГОД 2011	ГОД 2010	ГОД 2011	ГОД 2010	ГОД 2011	ГОД 2010	ГОД 2011
A	A									
B	50(20)	51(14)	B							
C	22(10)	32(14)	30(5)	28(16)	C					
D	18(6)	10(7)	31(11)	21(12)	-	38(14)	D			
E	25(16)	-	28(17)	17(-)	7(6)	16(7)	12(3)	24(6)	E	
F	6(6)	15(5)	9(6)	11(5)	19(9)	2(2)	-	-	45(19)	24(18)
Сумма 2011	108		77		56		24		52	

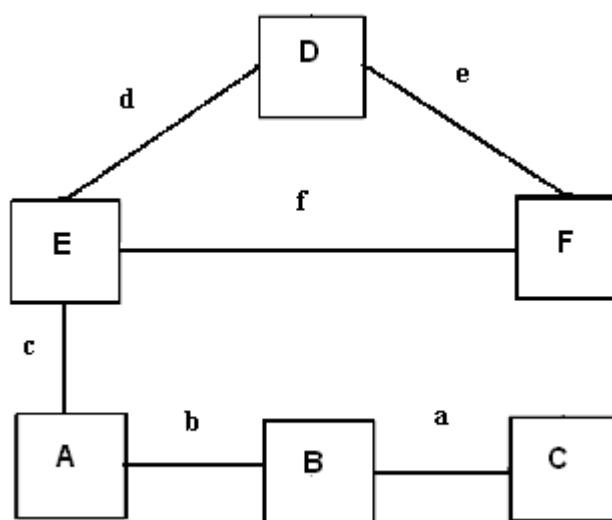


Рисунок 3.2 – Схема сети с обозначением цифровых линейных трактов

Для заданий направлений строим по два пути: основной и резервный. Направления с меньшим рангом считаются основными, а с большим – резервными. Для направлений указывается число потоков E1. Нужно, чтобы в основном и резервном направлениях, было как можно меньшее количество совпадающих цифровых трактов. Расчеты помещаем в таблицу 3.3.

Т а б л и ц а 3.3 – Маршрутизация потоков

	A		B		C		D		E	
	осн.	рез.	осн.	рез.	осн.	рез.	осн.	рез.	осн.	рез.
B	a(51)	gfe(14)								
C	ae(32)	gfc(14)	e(28)	bcd(16)						
D	g(10)	aef(7)	ef(19)	ag(12)	f(38)	eag(14)				
E	ab(0)	acdc(0)	b(17)	edc(0)	dc(16)	eb(7)	fdc(24)	gab(6)		
F	abc(21)	aed(5)	bc(11)	ed(5)	d(2)	ebc(2)	fd(0)	gabc(0)	c(24)	bed(18)

Далее рассчитываем число потоков E1 вместе резервными потоками:

- a: $32+28+38+16+2+14+2=132$;
- b: $51+32+19+17+11+12+5+38+16+2=203$;
- c: $10+21+7+5+19+17+11+12+5+38+16+2+14+2=179$;
- d: $10+5+19+5+38+2+24+18=121$;
- e: $7+5+12+5+2+14+2+6+18=71$;
- f: $21+7+11+12+2+14+6+24=97$.

Резервирование 1+1 устанавливается на каждом потоке. На обе мультиплексные секции (рабочую и резервную) осуществляется одновременная подача сигнала. Задача процедуры MSP на приеме контролировать состояние агрегатных сигналов на этих двух секциях и подключать подходящий сигнал. Приведем расчеты на рисунке 3.3.

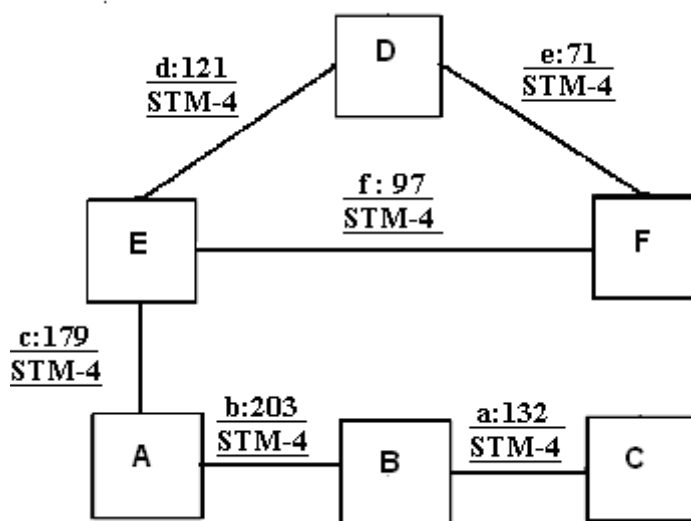


Рисунок 3.3 – Схема сети SDH с потоками E1

3.2 Состав узлов сети SDH

В общем случае нет необходимости устанавливать мультиплексоры в узлах с полным набором плат, так как оборудование дорогое и сложное. К тому же снижаются затраты установки и сопровождение аппаратуры.

Необходимо ставить только те платы узлов, которые точно соответствуют поставленным задачам. Основные узлы это: узлы блоков питания, синхрогенератора, платы контроллера, управляемой матрицы, ввода-вывода заголовка, линейных сигналов (агрегатные блоки) и т. д. Сменные блоки это: трибутарные блоки для потоков E1, E3, E4, блоки управления, кросс-коннекторы и другие.

На выбор аппаратуры влияют данные:

- число вводимых/выводимых потоков E_n и STM-N;
- дистанция между соседними узлами сети SDH;
- топология сети;
- системы защиты 1+1, 1:n, 1:1.

Необходимо учитывать все возрастающий трафик при комплектовании узлов транспортной сети. На рисунке 3.4 приведена конфигурация узлов проектируемой сети.

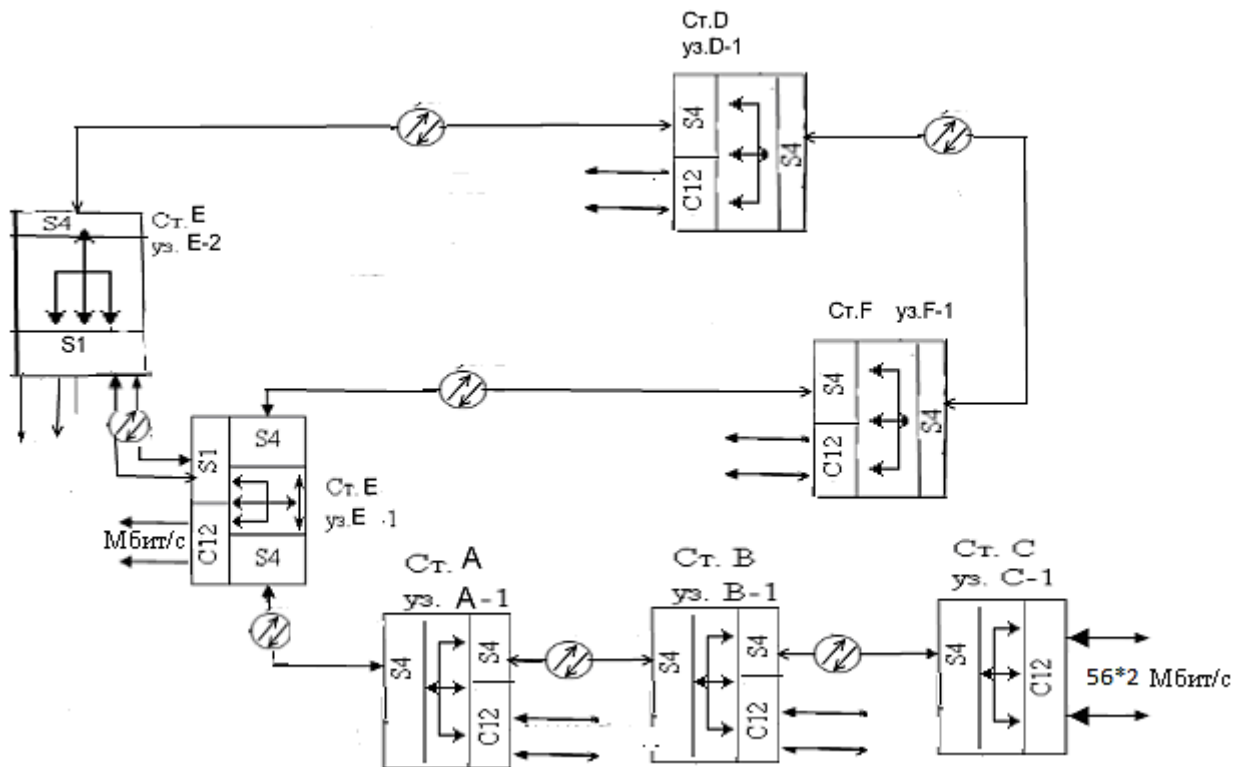


Рисунок 3.4 – Конфигурация узлов транспортной сети SDH

3.3 Разработка сети синхронизации

Организация синхронизации транспортных сетей SDH производится от первичного эталонного генератора (ПЭГ) со стабильностью частоты не хуже 10^{-11} .

Она необходима для устранения потерь информации из-за проскальзываний, которые возникают из-за колебаний тактовых частот генераторов цифрового оборудования (узлы электронной коммутации, цифровые системы передачи). Также для устранения накопления фазовых дрожаний (джиттер – Jitter) в цифровых транспортных сетях применяются вторичные задающие генераторы со стабильностью частот для транзитной линии не хуже 10^{-11} в сутки, для линейного узла не хуже $2 \cdot 10^{-8}$ в сутки.

Источники тактовой синхронизации для сетевых элементов SDH:

- компонентные сигналы 2048 кбит/с;
- любой из агрегатных сигналов STM-N;
- любой из компонентных входов STM-N;
- внешний источник синхросигнала 2048 кГц;
- внешний генератор с относительной стабильностью частоты не хуже $4,6 \cdot 10^{-6}$.

Все синхросигналы должны быть синхронизированы от эталонных сигналов первичного или вторичного источника. Источник синхронизации выбирается оператором на этапе настройки аппаратуры, выбор его осуществляется автоматически. Здесь осуществляется автоматический выбор наилучшего по качеству источника синхронизации среди нескольких (как правило, не менее трех). При одинаковом качестве источника синхронизации выбор должен быть осуществлен по приоритету, который должен быть заранее запрограммирован. Байт S1 в составе заголовка мультиплексной секции (MSOH) сигнала STM-N несет информацию о качестве синхросигнала в виде четырех байтов. В состав тактовой сети синхронизации (ТСС) входят первичный эталонный генератор (ПЭГ), вторичный задающий генератор (ВЗГ) и генератор сетевых элементов (ГСЭ) SDH.

В каждом узле сети определяется свой перечень приоритетов по эталону хронирования при построении трасс синхронизации (рисунок 3.5).

Первичный эталонный генератор (ПЭГ) установим на узле E, а ВЗГ – на узле F.

Необходимо предусмотреть возможность автоматического самовосстановления. Также в сети синхронизации не должно быть петель. Для предотвращения потери синхронизации в технологии синхронных сетях имеются соответствующие механизмы. При потере сигнала синхронизации сигнал синхронизации мультиплексор переключается на другой низкоприоритетный источник согласно программной инструкции. При потере (р) всех внешних источников синхронизации аппаратура переходит в режим удержания синхронизации (hold-overmode). В этой ситуации часы мультиплексора с поправкой на колебания температуры корректируются в

соответствии с данными о корректировках, сохраненными за предыдущее время работы. Информация о состоянии синхронизации SSM (Synchronization Status Messages) сетевого элемента сети передается далее по маршруту.

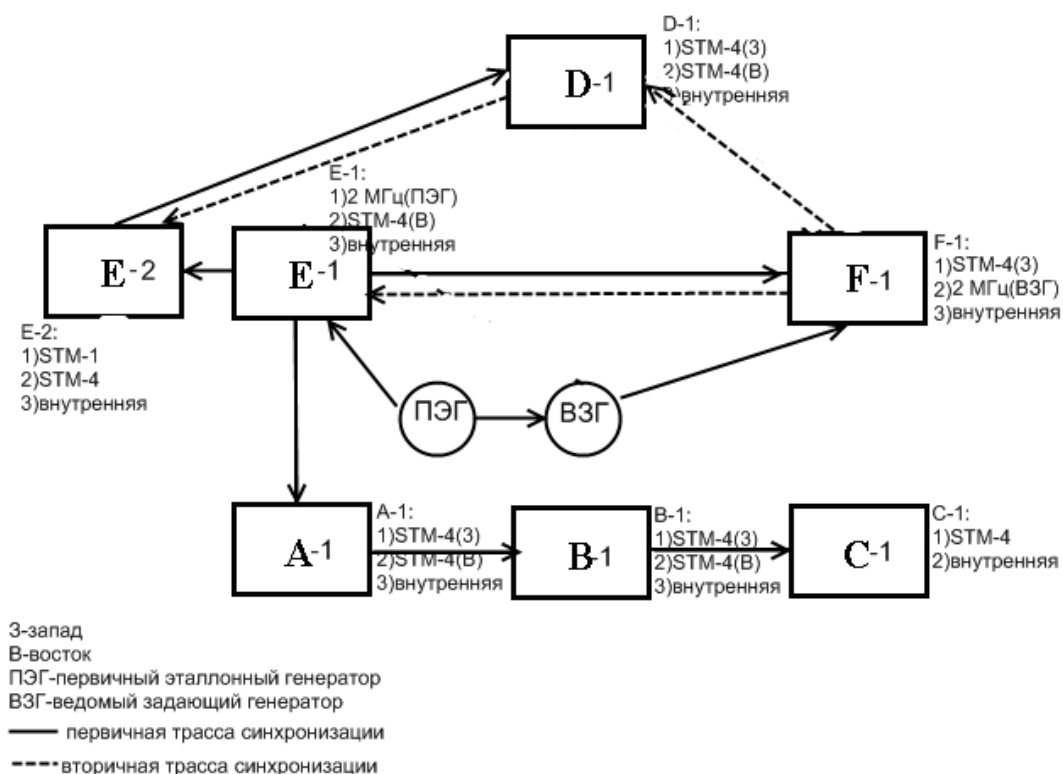


Рисунок 3.5 – Синхронизация транспортной сети

Т а б л и ц а 3.4 – Значения параметра источника синхронизации

Параметр	Приоритет при использовании	Значение параметра
0010	Наиболее высокий $Q_1 = 1 \times 10^{-11}$	G.811(PRC) Первичный источник синхронизации
0100	$Q_2 = 2 \times 10^{-10}$	G.812(SSU-A) Вторичный источник синхронизации транзитного узла
1000	$Q_3 = 2 \times 10^{-8}$	G.812(SSU-B) Вторичный источник синхронизации оконечного узла
1011	$Q_4 = 4,6 \times 10^{-8}$	G.813(SEC) Локальный источник синхронизации цифрового оборудования
1111	Наиболее низкий	Не использовать для синхронизации
0000		Качество не определено

При стыковке синхронных сетей SDH сетями с независимыми источниками синхронизации и если расхождения часов находятся в определенных пределах, то в сетях SDH сети это решается с использованием указателей.

Величины приоритетов источников синхронизации программируются в каждом сетевом элементе и остаются неизменными. Число возможных приоритетов может быть от 1 до 15 (таблица 3.4).

3.4 Организация сети управления

Сеть управления электросвязью (TMN, Telecommunications Management Network) состоит из:

- «агентов управления» контроллеров, помещаемых в сетевые элементы;
- каналов передачи данных;
- систем управления с их операционными системами и рабочими станциями.

Встроенные микропроцессоры со специализированным программным обеспечением управляют и контролируют аппаратуру транспортных сетей SDH. В них имеются соответствующие интерфейсы к местному терминалу управления (компьютеру), к устройству сигнализации, к устройству служебной связи, каналам пользователя и к системе сетевого контроля и управления.

Терминал настройщика (Laptop) может быть подключен к сетевому элементу через F-интерфейс по протоколу V.24 (RS 232) для конфигурирования и контроля мультиплексора. Через него осуществляется программирование микропроцессорных устройств мультиплексора, настройка сетевого элемента для текущих условий ее эксплуатации, контроля состояния аппаратуры, регистрация имеющихся отказов и т. д.

Аппаратура системы управления сетью находится в отдельном узле. Она осуществляет управление и контроль сетью SDH и сетевыми элементами. К системе управления может быть подключен только один сетевой элемент – шлюз. Остальные узлы управляются по каналам передачи данных SDH. Это цифровые каналы управления DCC_1 , и DCC_m , находящиеся в регенерационной секции (RSOH) и мультиплексной секции (MSOH) соответственно.

На рисунке 3.6 показано подключение сети управления оборудования (аппаратуры) по интерфейсу Q3 к шлюзовому сетевому элементу E1. Для транспортных сетей с простой топологией (точка-точка, звезда, кольцо) с небольшим числом элементов до десяти можно применять для настройки местный терминал. Но для больших транспортных сетей необходима уже система управления. Например, система управления сетью EMOS для фирмы Siemens.

Все подсистемы технического управления острятся (заточены) на единой основе (рекомендациях МСЭ-Т серии М.3000), но при этом управляющие устройства и программы каждый производитель строит сам. Они очень различаются между собой, поэтому сейчас невозможно организовать управление аппаратурой разных фирм из одной управляющей станции. Схема сети управления рассматриваемой сети SDH приведена на рисунке 3.6.

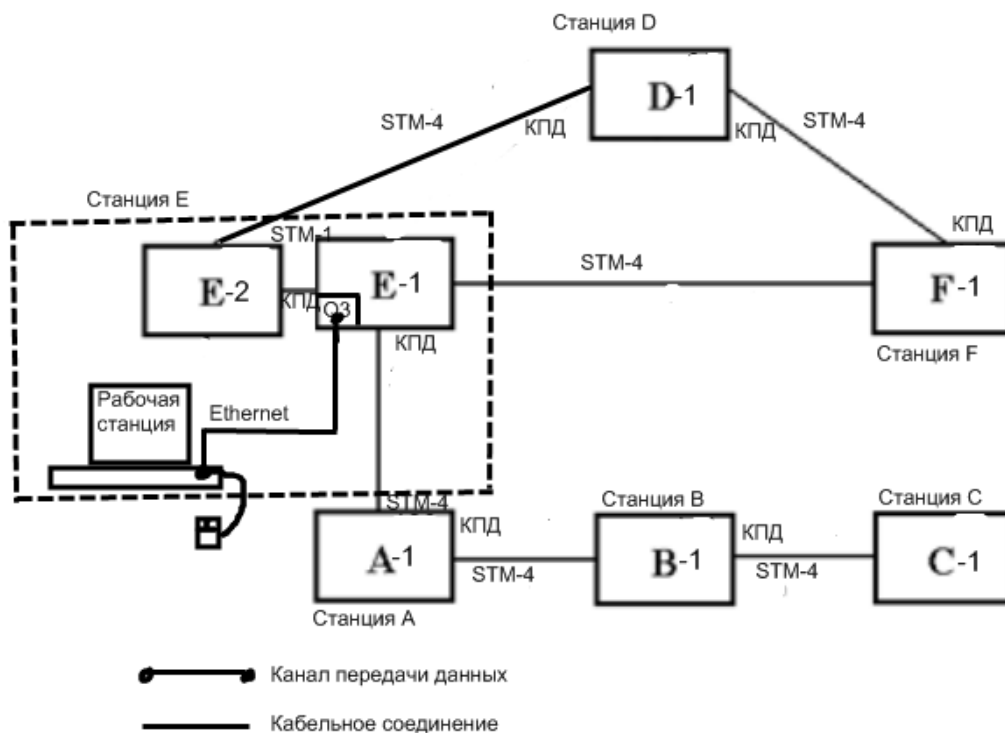


Рисунок 3.6 – Передача управляющих данных

3.5 Выбор аппаратуры SDH

На основании проделанных расчетов определяем тип необходимого оборудования для построения транспортной сети, сводим данные в таблицу 3.5.

Т а б л и ц а 3.5 – Типы оборудования SDH

Пункты	STM-1, шт	STM-4, шт	Число типовых стоек, шт	Число мультиплексов на стойке, шт
A	—	1	1	1
B	—	1	1	1
C	—	1	1	1
D	—	1	1	1
E	—	2	1	2
F	—	1	1	1

В качестве примера можно использовать для построения транспортной сети SDH оборудование фирмы Siemens. Для уровня сигнала в STM-1 можно применить мультиплексор типа SMA-1 R2, а для уровня агрегатного сигнала STM-4 – мультиплексор типа SMA-4 R2.

Мультиплексор SMA-X R2 – базовый блочный синхронный мультиплексор фирмы Siemens, который может быть сконфигурирован как терминальный мультиплексор (TM), локальный кросс-коммутатор или мультиплексор ввода-вывода (ADM).

Далее нужно занести параметры используемого оборудования в таблицу 3.6.

Т а б л и ц а 3.6 – Характеристические параметры используемого оборудования

Тип мультиплексора	SMA-1 R2	SMA-4 R2
Каналы доступа SDH, Мбит/с	155	155, 622
Число портов на трибной карте	21(2), 3(34),1(155)	21(2), 3(34), 1(140)
Число трибных интерфейсных карт	6(3+3)	12(6+6)
Тип защищенного режима по входу	6:0, 5:1	12:0, 11:1
Максимальная нагрузка на мультиплексор	128/252x2, 6/12x34, 16x140	252x2/24x34/16x155
Агрегатный выход	155 (эл., опт.)	155(эл., опт.),622 (опт.)
Тип защиты по выходу	1:1, 1+1	1+1
Тип локальной коммутации каналов доступа	Т-Л, Т-Т, Л-Л	Т-Л, Т-Т, Л-Л
Возможности неблокируемой кросс-коммутации	1008x2 Мбит/с	1008x2 Мбит/с
Варианты использования	ТМ, R, АDМ – л, к	ТМ, R, АDМ – л, к
Размеры компактных блоков в стойке (ВxШxГ), мм	757x515x280	875x515x280
Тип элемент-менеджера (ЭМ)	EMOS	
Тип сетевого менеджера	SMN – OS	
РС интерфейс F	V. 24/9.6 kbps	
LAN интерфейс	Qx(Eth, X.25)/64 kbps	
Служебные каналы	блок ОНА – Siemens	
Максимальное число мультиплексоров, управляемых ЭМ	180	
Тип и размеры (ВxШxГ), м стойки	ETSI 2.2x0.6x0.3	
Тип синхронизации	В.Т., С.Т., Т.С., Л.С.	

Определяем число установленных в каждом узле трибных интерфейсных плат для 2020 года и сведем результаты в таблицу 3.7.

Т а б л и ц а 3.7 – Комплектация блоков STM в узлах транспортной сети SDH

Пункт	A-1	B-1	C-1	D-1	E-1	E-2	F-1
21x2 М	8	8	7	6	8	–	8
STM- 1	–	–	–	–	2	2	–

Для установки данного оборудования на каждой станции будем использовать стойки TS300119-19 дюймов с размерами ВхШхГ 2.2x0.6x0.3 м по одной на каждую станцию. Для соединения станций используем кабель типа DSF фирмы Siemens.

Список литературы

Основная:

1. Гордиенко В.Н. Многоканальные телекоммуникационные системы. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005, 2007, 2013, 2015.
2. Иванов В.И. и др. Цифровые и аналоговые системы передачи: учебник. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 232 с.
3. Крухмалев А.В., Гордиенко В.Н. Основы построения телекоммуникационных сетей и систем: учебник. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008. – 506 с.
4. Крухмалев В.В. Многоканальные телекоммуникационные системы. Аналоговые системы передачи. – М.: Маршрут, 2006. – 256 с.
5. Крухмалев В.В. и др. Цифровые системы передачи: учебное пособие. М.: Горячая линия-Телеком, 2014. – 376 с.
6. Проектирование и технические эксплуатация цифровых телекоммуникационных систем и сетей / Под ред. В.Н. Гордиенко. –М., Горячая линия – Телеком, 2014.
4. Бирюков Н.Л., Стеклов В.К. Транспортные сети и системы электросвязи. Системы мультимплексирования: учебник. – М.: Горячая линия-Телеком. 2003. – 352 с.
5. Слепов Н.Н. Синхронные цифровые сети SDN. – М.: ЭкоТрендз, 1999.
6. Слепов Н.Н. Современные цифровые технологии глобальных сетей связи. – М.: Астра Полиграфия, 2011.
7. Кирилов В.И. Многоканальные системы передачи: учебник. – М.: Новое поколение, 2003.

Интернет ресурсы:

8. URL: <https://lanbook.com/catalog/inzhenerno-tekhnicheskie-nauki/volonno-opticheskie-seti-i-sistemy-svyazi-72869130/>
9. URL: <https://youtu.be/tJHWc7PMJBM>
10. URL: <https://youtu.be/2zw5C876W94>
11. URL: <http://en.bookfi.net/book/591500>

12. URL: https://eknigi.org/setevye_tehnologii/39842-osnovy-sdh.html
13. Агатаева Б.Б. Многоканальные телекоммуникационные системы. Конспект лекций. – Алматы: АИЭС, 2009.
14. Агатаева Б.Б., Шахматова Г.А. Многоканальные телекоммуникационные системы. Метод. указания к выполнению курсовых работ. – Алматы: АУЭС, 2013.
15. Шахматова Г.А., Киргизбаева А.У. Многоканальные телекоммуникационные системы. Метод. указания к выполнению лабораторных работ. – Алматы: АУЭС, 2012.
16. Шевкопляс Б.В. Синхронизация в телекоммуникационных системах. Сборник задач. – М.: Горячая линия-Телеком. 2012.
17. Проектирование и технические эксплуатация цифровых телекоммуникационных систем и сетей / Под ред. В.Н. Гордиенко. – М.: Горячая линия-Телеком. 2014
18. Байкенов А.С. Транспортные сети на основе аппаратуры SMA-1: учебное пособие. – Алматы: АИЭС, 2009.

Содержание

Введение.....	3
1 Задание	3
1.1 Разработка системы PDH.....	3
1.2 Разработка транспортной сети SDH	3
2 Методические указания по выполнению курсовой работы по части PDH.....	3
2.1 Теоретические сведения для выбора частоты дискретизации	4
2.2 Разработка укрупненной структурной схемы оконечного оборудования ЦСП	8
2.3 Расчет тактовой частоты агрегатного цифрового сигнала и разработка структуры временных циклов первичного цифрового сигнала.....	10
3 Проектирование транспортной сети на основе технологии SDH	14
3.1 Расчет эквивалентного числа первичных цифровых потоков.....	14
3.2 Состав узлов сети SDH.....	17
3.3 Разработка сети синхронизации	18
3.4 Организация сети управления.....	20
3.5 Выбор аппаратуры SDH	21
Список литературы	23
Приложение А.....	28
Приложение Б.....	27

Приложение А

Таблица А.1 – Исходные данные для расчета заданий по РДН

Количество переприемов по ТЧ , n				2	3	2	3	3					
Код овая посл едов ател ь- ност ьсим во- лов	Коли- чество кана- лов ТЧ, N	Защищен ность от шума кванто- вания на выходе канала А з, дБ	Ср. кол- во щелчков от цифровы х ошибок в теч. 10 мин., К, не более	Номера вариантов									
111 011 000 011	200	20	10	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
101 010 011 101	300	21	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
101 001 101 010	260	25	10	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
011 010 100 101	180	22	13	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
011 100 101 010	120	24	8	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49

Продолжение таблицы А.1 – Исходные данные для расчета заданий по РДН

Количество переключений по ТЧ, n				1		3		3		2		2	
Кодовая последовательность сим-вол-лов	Кол-во каналов ТЧ, N	Защищенность от шума квантования на выходе канала А з, дБ	Ср. кол-во щелчков от цифровых ошибок в теч. 10 мин., К, не более	Номера вариантов									
111011000011	360	25	12	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
101010011101	180	22	10	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
101001101010	240	23	11	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
011010100101	120	21	13	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
011100101010	180	20	6	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99

Приложение Б

Варианты топологий транспортной сети SDN

Таблица 0

	год X	год Y								
A	A		год X	год Y						
B	50(19)	54(19)	B		год X	год Y				
C	12(-)	–	32(10)	34(11)	C		год X	год Y		
D	22(14)	23(-)	25(9)	27(17)	43(-)	–	D		год X	год Y
E	41(17)	32(13)	17(7)	31(11)	- (17)	18(11)	17(10)	22(10)	E	
F	9(8)	32(16)	21(10)	10(3)	26(8)	35(20)	15(8)	13(5)	41(17)	43(17)

Таблица 1

	год X	год Y								
A	A		год X	год Y						
B	43(11)	56(13)	B		год X	год Y				
C	17(-)	28(5)	20(9)	30(8)	C		год X	год Y		
D	5(1)	8(3)	22(12)	26(12)	31(-)	40(11)	D		год X	год Y
E	56(12)	58(2)	23(5)	32(9)	- (3)	4(2)	5(1)	6(4)	E	
F	3(2)	15(1)	2(2)	5(5)	25(4)	29(6)	13(2)	43(16)	53(7)	65(12)

Таблица 2

	год X	год Y								
A	A		год X	год Y						
B	34(12)	56(13)	B		год X	год Y				
C	15(-)	28 (5)	20(9)	29(8)	C		год X	год Y		
D	7(1)	8(7)	14(12)	15(10)	31(-)	40(7)	D		год X	год Y
E	45(12)	- (2)	23(5)	32(9)	- (3)	4(2)	5(1)	6(4)	E	
F	3(8)	15(1)	2(-)	6(5)	25(4)	23(6)	13(2)	–	41(7)	65(9)

Таблица 3

	год X	год Y								
A	A		год X	год Y						
B	39(13)	51(11)	B		год X	год Y				
C	7(5)	24(6)	22(6)	32(9)	C		год X	год Y		
D	9(2)	9(5)	24(19)	25(14)	29(14)	40(11)	D		год X	год Y
E	42(11)	55(4)	31(12)	33(5)	6(3)	–	8(2)	6(2)	E	
F	4(2)	19(2)	–	-	25(4)	-	20(3)	41(14)	43(7)	56(11)

Таблица 4

	год X	год Y								
A	A		год X	год Y						
B	56(12)	56(13)	B		год X	год Y				
C	13(11)	–	23()	34(6)	C		год X	год Y		
D	7(4)	12(8)	44(17)	25(12)	–	–	D		год X	год Y
E	62(19)	43(5)	19(8)	26(13)	–	6(5)	5(1)	6(4)	E	
F	8(7)	18(6)	4(4)	–	31(4)	29(6)	–	39(19)	–	55(22)

Таблица 5

	год X	год Y								
A	A		год X	год Y						
B	51(12)	6(1)	B		год X	год Y				
C	19(-)	25(15)	31(12)	24(11)	C		год X	год Y		
D	7(7)	-	-	- (15)	31(-)	-	D		год X	год Y
E	47(12)	32(12)	17(9)	23(10)		-	5(1)	33(7)	E	
F	8(4)	-	9(8)	11(5)	25(4)	29(6)	13(12)	43(19)	53(7)	43(12)

Таблица 6

	год X	год Y								
A	A		год X	год Y						
B	50(20)	51(14)	B		год X	год Y				
C	22(10)	32(14)	30 (5)	28(16)	C		год X	год Y		
D	18(6)	10(7)	31(11)	21(12)	-	38(14)	D		год X	год Y
E	25(16)	-	28(17)	17(-)	7(6)	16(7)	12(3)	24(6)	E	
F	6(6)	21(5)	9(6)	11(5)	19(9)	2(2)	-	-	45(19)	24(18)

Таблица 7

	год X	год Y								
A	A		год X	год Y						
B	54(20)	55(20)	B		год X	год Y				
C	33(12)	31(17)	34(10)	24(11)	C		год X	год Y		
D	25(20)	17(7)	26(17)	19(8)	38(-)	44(17)	D		год X	год Y
E	43(12)	49(8)	15(10)	17(10)	- (12)	7(7)	15(5)	-	E	
F	10(6)	15(5)	11(9)	16(10)	18(6)	31(17)	14(6)	47(-)	27(7)	28(19)

Таблица 8

	год X	год Y								
A	A		год X	год Y						
B	39(15)	43(13)	B		год X	год Y				
C	21(10)	43(12)	24(10)	44(17)	C		год X	год Y		
D	-	-	34(11)	51(6)	29(11)	30(4)	D		год X	год Y
E	35(19)	51(10)	37(8)	32(10)	22(14)	15(7)	6(4)	6(4)	E	
F	8(5)	7(4)	10(3)	5(7)	-	21(-)	20(5)	36(9)	21(6)	22(10)

Таблица 9

	год X	год Y								
A	A		год X	год Y						
B	54(17)	55(20)	B		год X	год Y				
C	21(9)	33(9)	42(11)	21(12)	C		год X	год Y		
D	21(10)	14(10)	-	-	48(17)	40(11)	D		год X	год Y
E	43(6)	-	34(9)	20(15)	36(19)	4(2)	5(-)	13(7)	E	
F	15(8)	19(7)	9(8)	20(12)	21(13)	29(6)	13(2)	32(14)	33(9)	44(15)

Вариант 0

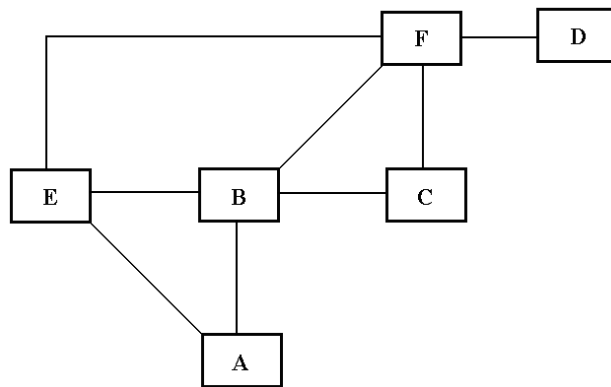


Рисунок 1 – Топология транспортной сети SDH

Вариант 1

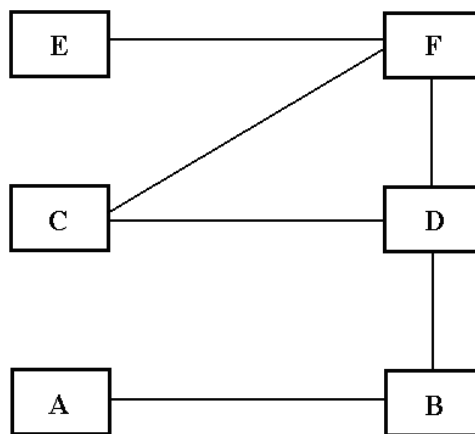


Рисунок 2 – Топология транспортной сети SDH

Вариант 2

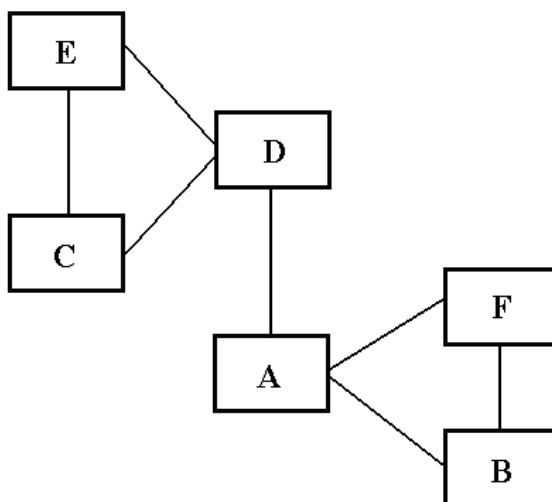


Рисунок 3 – Топология транспортной сети SDH

Вариант 3

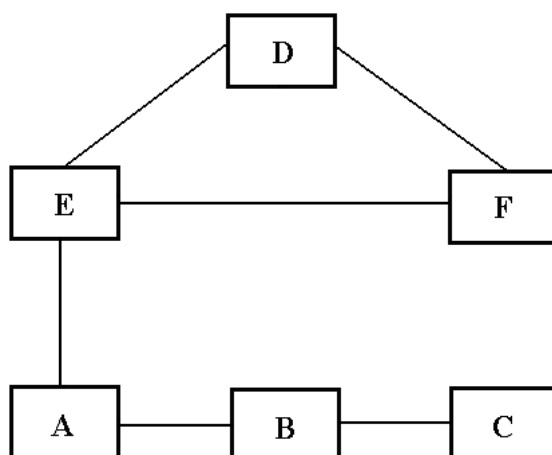


Рисунок 4 – Топология транспортной сети SDH

Вариант 4

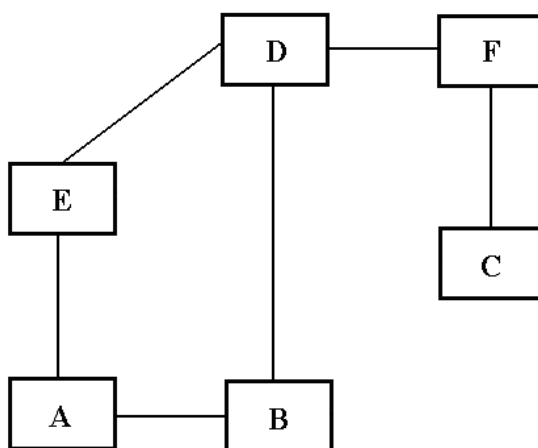


Рисунок 5 – Топология транспортной сети SDH

Вариант 5

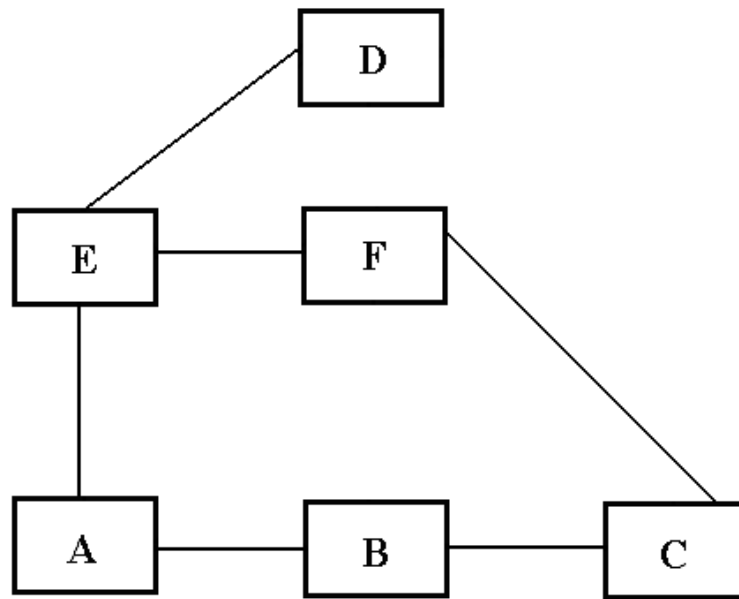


Рисунок 6 – Топология транспортной сети SDH

Вариант 6

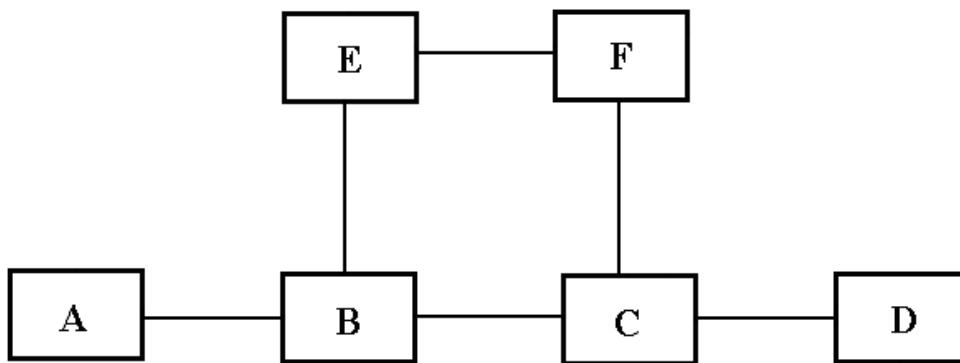


Рисунок 7 – Топология транспортной сети SDH

Вариант 7

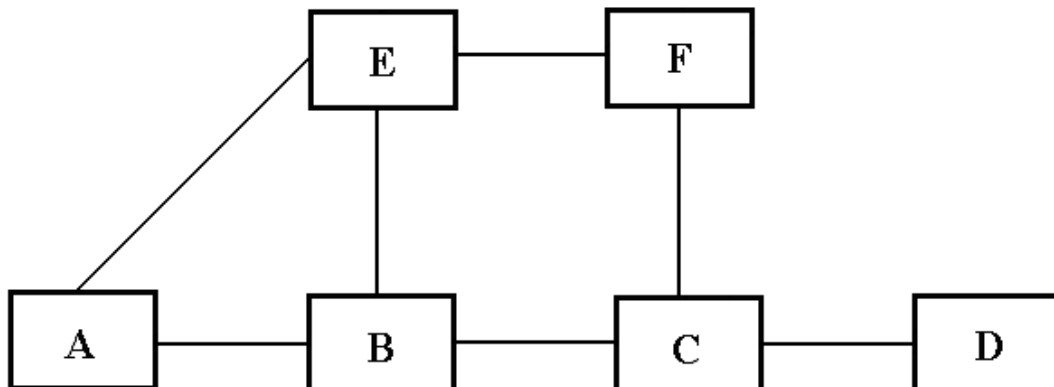


Рисунок 8 – Топология транспортной сети SDH

Вариант 8

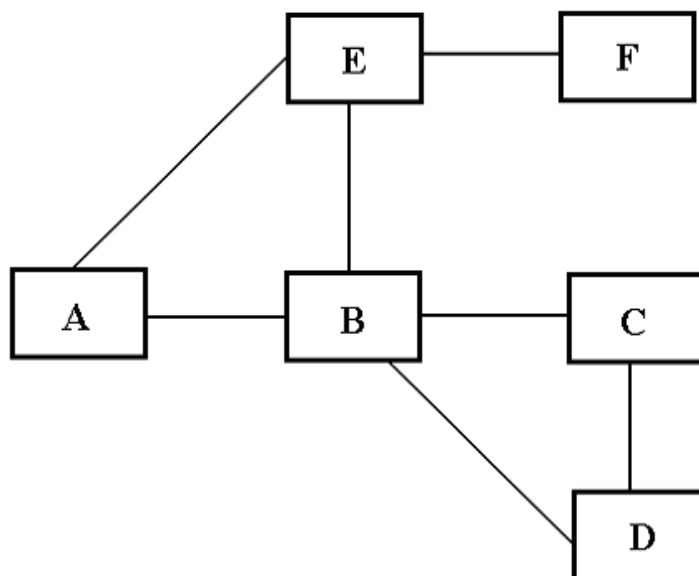


Рисунок 9 – Топология транспортной сети SDH

Вариант 9

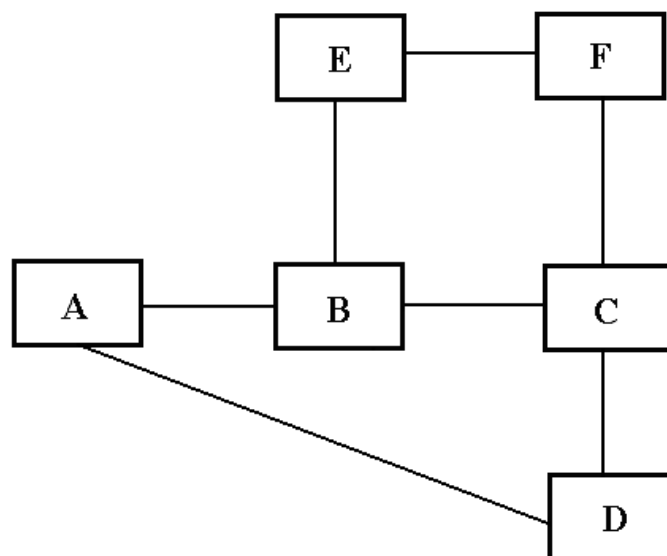


Рисунок 10 – Топология транспортной сети SDH

Байкенов Алимжан Сергеевич
Киргизбаева АйнураУалиевна

МНОГОКАНАЛЬНЫЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Методические указания по выполнению курсовой работы для
студентов ОП 6В06201 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Редактор: Саньярова Н.С.

Специалист по стандартизации: Данько Е.Т.

Подписано в печать

Тираж 30 экз.

Объём 2,25 уч.-изд. л.

Формат 60x84 1/16

Бумага типографская №1

Заказ___Цена 1130 тенге

Копировально-множительное бюро
некоммерческого акционерного общества
«Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева»
050013, Алматы, Байтурсынова, 126