



Некоммерческое  
акционерное  
общество

**АЛМАТИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ЭНЕРГЕТИКИ И  
СВЯЗИ**

Кафедра  
инфокоммуникационных  
технологий

## **СЕТИ СВЯЗИ И СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ**

Конспект лекций  
для студентов специальности  
5В071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Алматы 2016

СОСТАВИТЕЛИ: Г.К. Булешова, А.Д. Мухамеджанова, Ю.М. Гармашова. Сети связи и системы коммутации. Конспект лекций для студентов специальности 5В07190 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации. - Алматы: АУЭС, 2016.- 52 с.

Изложены конспекты одиннадцати лекций по дисциплине "Сети связи и системы коммутации". В них представлены принципы построения, функционирования и управления сетями связи и системами коммутации.

Ил 32, табл. 4, библиогр.- 12 назв.

Рецензент: канд.техн.наук, профессор Байкенов А.С.

Печатается по плану издания некоммерческого акционерного общества "Алматинский университет энергетики и связи" на 2016 г.

©НАО "Алматинский университет энергетики и связи", 2016 г.

## Введение

Дисциплина «Сети связи и системы коммутации» является предметом по выбору для студентов высших учебных заведений и включена в учебные планы в качестве основополагающей дисциплины.

Данная дисциплина предназначена для обучения студентов принципам построения и функционирования сетей и систем коммутации различных типов, распределения информации на сетях, принципам аналоговой и цифровой коммутации, принципам коммутации при интеграции разных видов информации, принципам нумерации, планирования, проектирования и особенностей эксплуатации сетей связи и цифровых систем коммутации.

Целью преподавания дисциплины является подготовка студентов к самостоятельной деятельности в области эксплуатации телекоммуникационных сетей и систем, а также в научно-исследовательских и конструкторских отделах организаций, разрабатывающих и поставляющих на рынок Казахстана телекоммуникационное оборудование.

В результате изучения дисциплины студенты должны четко представлять основные направления и перспективы развития систем и сетей связи, знать организацию предприятий телекоммуникации. Уметь производить расчеты нагрузки на сети, осуществлять анализ надежности коммутационных сетей и систем, планировать и проектировать телекоммуникационные сети, системы, устройства и блоки.

## 1 лекция. Системы и сети связи и их классификация

Цель лекции: изучение студентами понятий сети и системы электросвязи, классификация сетей и систем, состав, структура.

Содержание:

- система электросвязи, структура;
- сеть электросвязи, состав, структура;
- классификация сетей, виды телефонных сетей, топологии;
- понятие системы коммутации, классификация, обобщенная структура.

*Система электросвязи, структура.*

*Система электросвязи (телекоммуникационная система)* – совокупность технических средств, обеспечивающих образование линейного тракта и каналов передачи (рисунок 1.1) [1, 2, 3, 4].



Рисунок 1.1- Структурная схема системы электросвязи (телекоммуникационной системы)

В состав любой системы электросвязи входит передатчик, канал передачи и приемник. Системы электросвязи делятся на две группы: односторонние (передача информации осуществляется только от источника информации к абоненту, примером может служить радиовещание) и двухсторонние (примером может служить телефония).

Система электросвязи в целом решает две задачи:

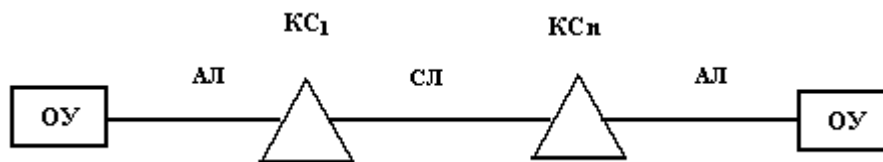
- а) доставка сообщений – функции системы электросвязи;
- б) формирование и распознавание сообщений – функции оконечного оборудования.

*Трактом передачи* называют совокупность приборов и линий, обеспечивающих передачу сообщений между пользователями.

*Канал передачи (связи)* – часть тракта передачи между двумя любыми точками. В канал передачи не входят оконечные устройства.

*Сеть электросвязи, состав, структура.*

*Сеть электросвязи (телекоммуникационная сеть)* - совокупность линий (каналов) связи коммутационных станций, оконечных устройств, на определенной территории, обеспечивающая передачу и распределение сообщений (рисунок 1.2) [1, 2]. На входе и на выходе сети связи включаются оконечные устройства, обеспечивающие преобразование



КС – коммутационная станция; СЛ – соединительная линия;  
 АЛ – абонентская линии; ОУ – окончное устройство.

Рисунок 1.2 – Обобщенная структурная схема сети электросвязи  
 (телекоммуникационной сети)

сообщений в электрические сигналы и обратное преобразование. Оконечные устройства соединяются с коммутационной станцией абонентскими линиями. Коммутационные станции между собой связаны соединительными линиями. Коммутационные станции осуществляют соединение входящих линий с исходящими линиями по соответствующему адресу.

В общем виде, сообщение, передаваемое от источника к получателю, состоит из двух частей: адресной и информационной. По содержанию адресной части коммутационная станция определяет направление связи и осуществляет выбор конкретного получателя сообщения. Информационная часть содержит само сообщение.

Совокупность процедур и процессов, в результате выполнения которых обеспечивается передача сообщений, называется сеансом связи, а набор правил в соответствии, с которыми организуется сеанс связи, называется протоколом.

*Классификация сетей, виды телефонных сетей.*

Различные виды электросвязи длительный период времени развивались независимо друг от друга. Каждый вид электросвязи ориентировался на создание своих каналов, систем передачи (СП) и сетей. Структура сети выбиралась в соответствии с особенностями распределения потоков сообщений, характерных для конкретного вида электросвязи [1, 2].

Сети электросвязи подразделяются на следующие виды:

- телефонные;
- телеграфные;
- передачи данных;
- факсимильные;
- телевизионного вещания;
- звукового вещания.

В целях упорядочения управления сетями, мониторинга их состояния и обеспечения их взаимодействия необходима классификация сетей по разным существенным признакам, которая позволит определить место каждой сети в системе электросвязи, выявить свойства сетей с разных точек зрения на основе системного подхода. В таблице 1.1 приведена классификация сетей.

По назначению различают виды телефонных сетей [2, 3]:

- городские;

Таблица 1.1 – Классификация сетей

Классификационный признак	Название сети
Категория	– сети общего пользования – выделенные сети – технологические сети – сети специального назначения
Функциональное назначение	– сети доступа – транспортные сети
Тип присоединяемых абонентских терминалов	– сети фиксированной связи – сети подвижной связи
Способ организации каналов	– первичные сети – вторичные сети
Территориальное деление	– международные – междугородные – зонавые – местные
Коды нумерации	– сети кода ABC (географическая система нумерации) – сети кода DEF (негеографическая система нумерации)
Устойчивость и безопасность	– магистральные сети I класса – магистральные сети II класса
Количество служб электросвязи	– моносервисные – мультисервисные
Вид коммутации	– коммутируемые – некоммутируемые
Метод коммутации	– с коммутацией каналов – с коммутацией пакетов – с коммутацией сообщений

- сельские;
- учрежденческие;
- зонавые;
- междугородные.

*Городские телефонные сети (ГТС)* обеспечивают телефонную связь на территории города и ближайших пригородов.

*Сельские телефонные сети (СТС)* обеспечивают телефонную связь в пределах сельских административных районов.

*Учрежденческие телефонные сети (УТС)* обеспечивают внутреннюю телефонную связь предприятий, учреждений, организаций.

Эти три вида телефонных сетей объединены общим названием *местные телефонные сети*.

*Зоновые телефонные сети (ЗТС)* предназначены для связи между абонентами местных телефонных сетей, расположенных на территории одной *зоны*, характеризующейся наличием единой семизначной нумерации.

*Междугородная телефонная сеть (МТС)* предназначена для связи между абонентами местных телефонных сетей, расположенных на территории различных зон.

На рисунке 1.3 приведены типы топологий телекоммуникационных сетей.

Полносвязанный тип построения или ещё называется принцип «каждый с каждым» - между коммутаторами существуют непосредственные соединения (рисунок 1.3 а).

Радиальный тип построения сети - связь между коммутаторами осуществляется через центральный коммутатор (рисунок 1.3 б).

Радиально-узловой тип имеет центральный коммутатор, узловые и оконечные коммутаторы (рисунок 1.3 в).

Кольцевой тип построения сети позволяет осуществлять связь, как по часовой, так и против часовой стрелки (рисунок 1.3 г).

При комбинированном типе – коммутаторы на верхнем иерархическом уровне связываются по полностью связанной схеме (рисунок 1.3 д).

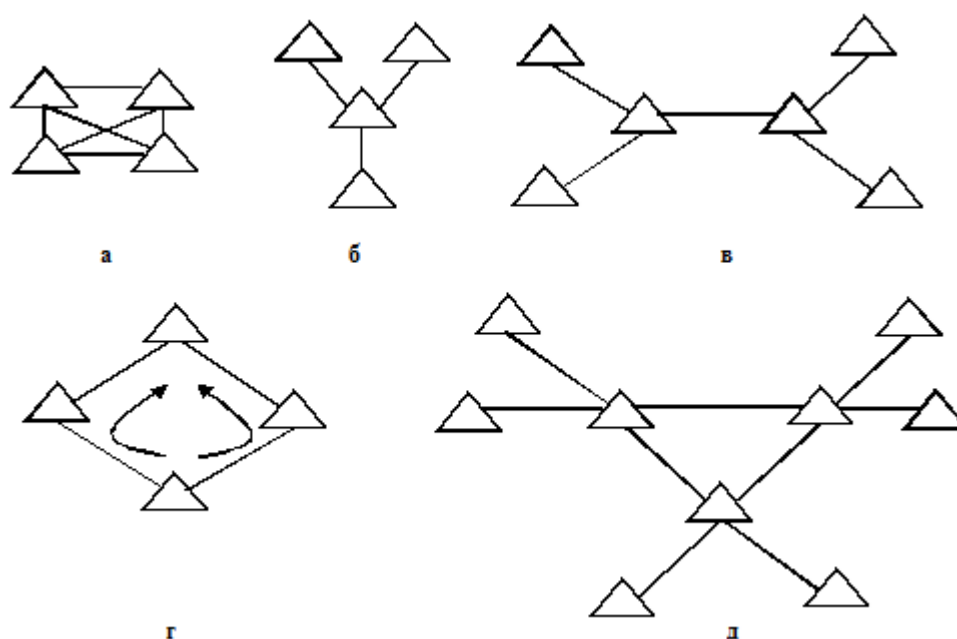


Рисунок 1.3 – Типы топологий телекоммуникационных сетей

*Понятие системы коммутации, классификация, обобщенная структура.*

*Система коммутации* – комплекс оборудования, предназначенный для приема и распределения поступающей информации по направлениям связи.

Классификация коммутационных систем приведена в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Классификация коммутационных систем

Классификационный признак	Коммутационная система
Тип коммутационного и управляющего оборудования	– декадно-шаговые – координатные – квазиэлектронные – электронные
Форма представления сигналов	– аналоговые – цифровые
Вид передаваемой информации	– телефонные – телеграфные – передачи данных – вещания
Место, занимаемое в телекоммуникационной сети	– центральные – узловые – оконечные – транзитные – узлы входящих сообщений (УВС) – узлы исходящих сообщений (УИС)
Территориальное деление	– междугородные – городские – сельские – учрежденческие
Емкость	– малой емкости – средней емкости – большой емкости
Разделение каналов	– с пространственным разделением – с временным разделением
Способ коммутации	– коммутация каналов – коммутация пакетов – коммутация сообщений

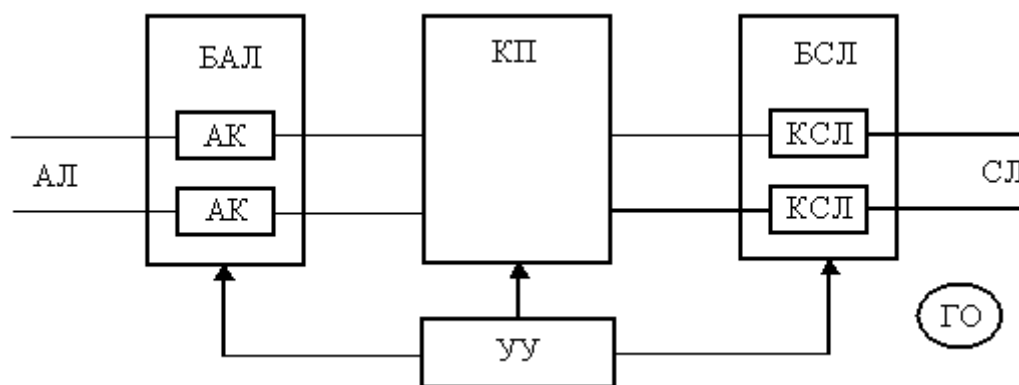
Для выполнения своих функций коммутационная система должна иметь в своем составе следующие виды оборудования (рисунок 1.4):

- блоки абонентских линий (БАЛ) осуществляют подключение абонентских линий (АЛ) к системе;

- блоки соединительных линий (БСЛ), к которым через КСЛ (комплекты соединительных линий) происходит подключение соединительных линий (СЛ) для связи с другими коммутационными системами;



- коммутационное поле (КП) осуществляет коммутацию входящих линий с исходящими. Коммутационное поле может быть построено на основе пространственного разделения каналов, и тогда в качестве коммутационных элементов используются многократные координатные соединители (МКС), герконовые реле, ферриды. Коммутационное поле с временным разделением каналов строится на основе применения импульсно-кодовой модуляции (ИКМ) и использует в качестве элементов полупроводниковые запоминающие устройства и логические интегральные микросхемы;
- система управления (СУ) выполняет все логические функции по управлению процессами установления соединений;
- генераторное оборудование осуществляет формирование акустических сигналов.



БАЛ – блок абонентских линий; ГО – генераторное оборудование;  
 БСЛ – блок соединительных линий; КСЛ – комплект соединительных линий;  
 АК – абонентский комплект; УУ – управляющее устройство.

Рисунок 1.4 – Обобщенная структура коммутационной системы

## 2 лекция. Сети связи

Цель лекции: изучение студентами различных типов телефонных сетей и принципов их нумерации;

Содержание:

- принципы построения городских телекоммуникационных сетей;
- принципы построения сельских телефонных сетей (СТС);
- принципы нумерации на сетях РК.

Принципы построения городских телекоммуникационных сетей [2, 3, 11].

а) нерайонированные городские телефонные сети - это сети, состоящие из одной АТС (автоматическая телефонная станция или коммутатор), рисунок 2.1;

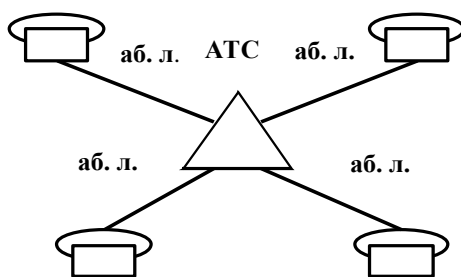


Рисунок 2.1 – Нерайонированная ГТС

б) районированные городские телефонные сети (без узлообразования), рисунок 2.2, в которых присутствуют несколько районных АТС (РАТС), соединенных линиями по принципу каждая с каждой;

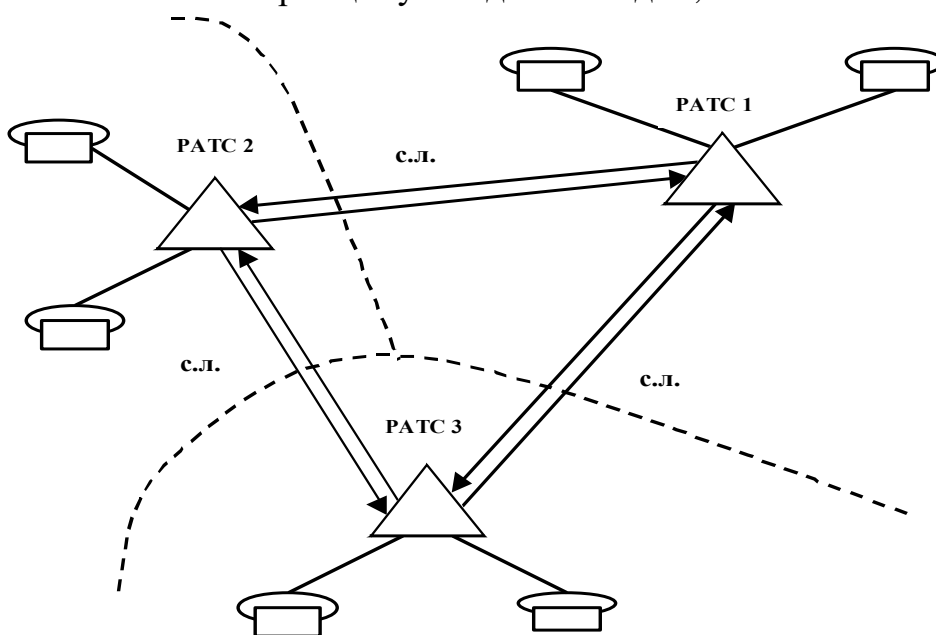


Рисунок 2.2 – Районированная ГТС без узлообразования

в) районированные городские телефонные сети с узлами входящего сообщения, состоят из нескольких узловых районов; РАТС внутри каждого узлового района могут быть соединены между собой по принципу каждая с каждой (узловой район 1) или связываться через узел входящего сообщения (УВС) своего узлового района (узловой район 2), рисунок 2.3. Емкость каждого узлового района не превышает сто тысяч номеров;

г) ГТС с узлами исходящих (УИС) и входящих сообщений (УВС).

Территория города делится на узловые районы емкостью до 100 тыс. номеров каждый. Для установления соединений между РАТС разных узловых районов в каждом узловом районе строят УИС, в которых объединяется исходящая нагрузка станций других узловых районов, и распределяется по направлениям к УВС своего и других узловых районов (максимально 10 УВС в узловом районе) (рисунок 2.4).

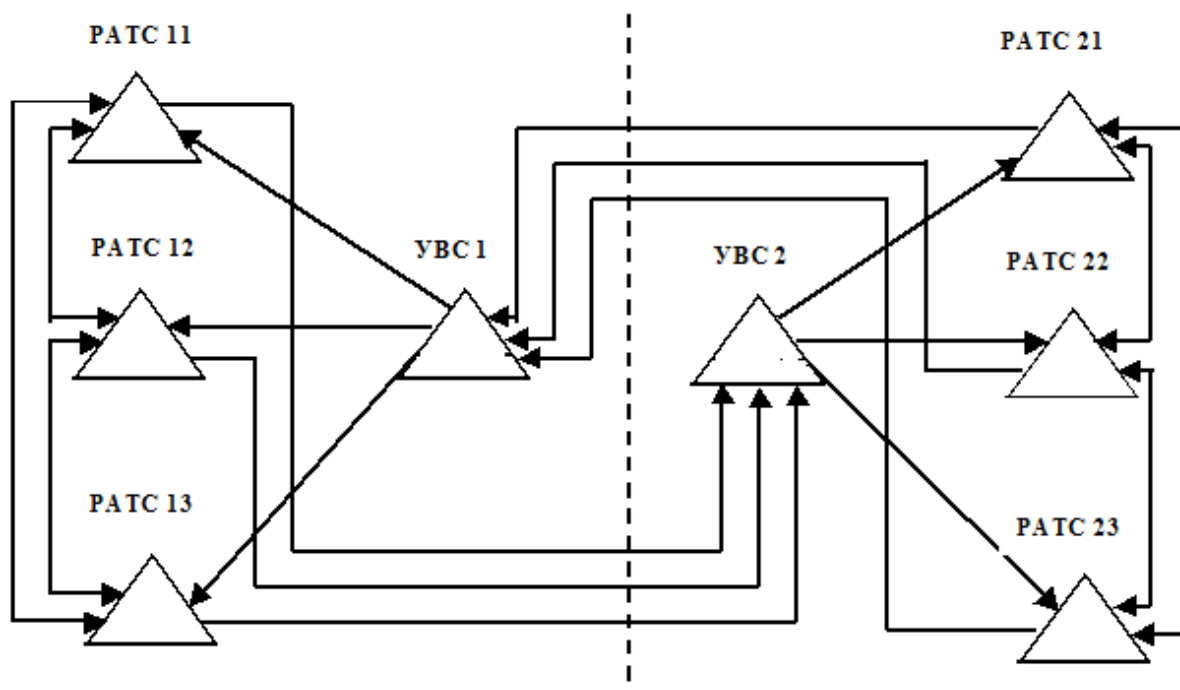


Рисунок 2.3 – ГТС с УВС

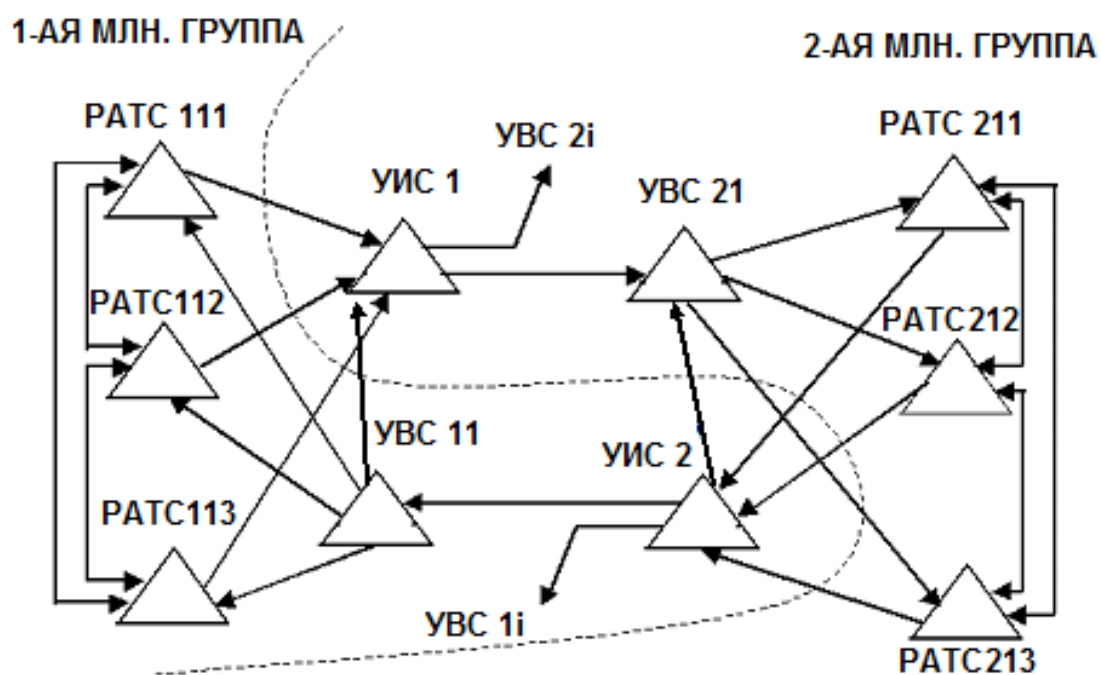


Рисунок 2.4 – ГТС с УИС и УВС

Принципы построения сельских телефонных сетей (СТС) [2, 3, 11].

На СТС в Республике Казахстан применяют радиальное (рисунок 2.5 а), радиально-узловое построение сетей (рисунок 2.5 б), кроме того возможен комбинированный способ (рисунок 2.5 в).

СТС состоит из: центральной станции (ЦС), расположенной в районном

центре, выполняющая одновременно функции телефонной станции райцентра и транзитного узла СТС. В ЦС включаются СЛ (соединительные линии) от оконечных станций (ОС) при радиальном построении или от ОС и узловых станций (УС) при радиально-узловом построении; через ЦС осуществляется связь с АМТС.

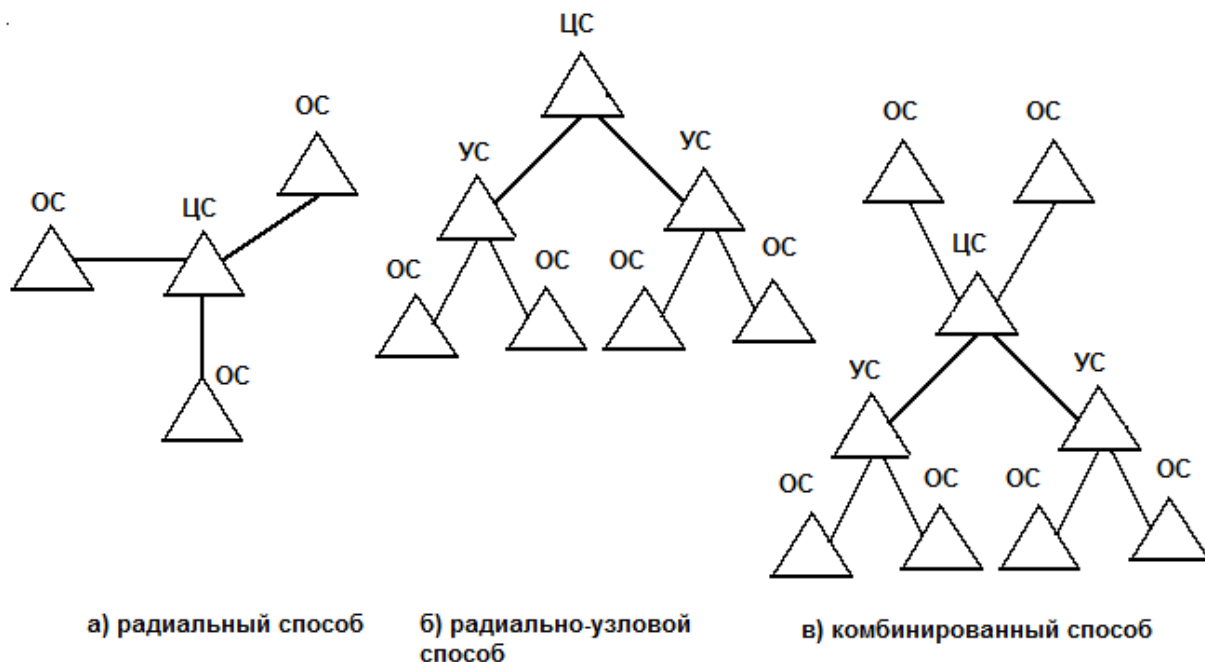


Рисунок 2.5 – Принципы построения СТС

Принципы нумерации на сетях РК [2, 3, 11].

На телекоммуникационных сетях РК применяется зонный принцип построения плана нумерации. В плане нумерации каждой зоне нумерации назначается трехзначный код АВС (географической зоне нумерации) или DEF (негеографической зоне нумерации).

Соединения между абонентами как внутри Республики, так и между странами осуществляется с использованием междугородной нумерации (Рекомендации E.160 МСЭ-Т).

Каждому пользователю (абоненту), независимо от типа терминала присваивается уникальный национальный (значащий) номер.

Согласно рекомендациями СЕРТ на сети используются трехзначный код экстренных и справочно-информационных служб 1UV.

Международный номер, состоит из кода страны, национального кода назначения и номера абонента Национальный код назначения АВС (DEF) соответствует коду зоны нумерации вызываемого абонента Республики Казахстан.

Структура международного номера показана на рисунке 2.6.

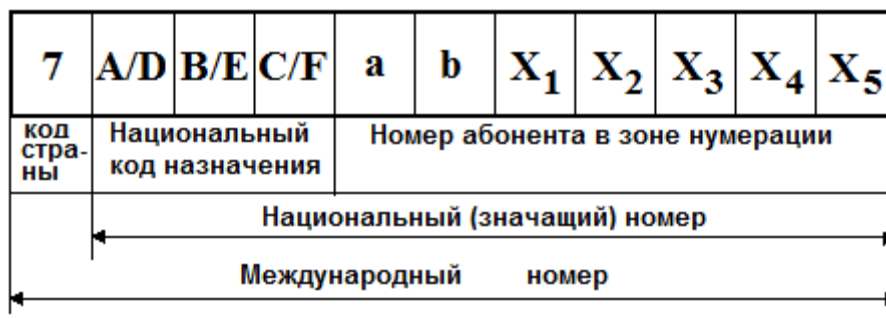


Рисунок 2.6

Номер абонента в зоне нумерации состоит из кода «ab» местной сети в зоне (внутризоновый код) и номера абонента на местной сети города или сельского районного центра.

Структура внутризонального номера отражена на рисунке 2.7.

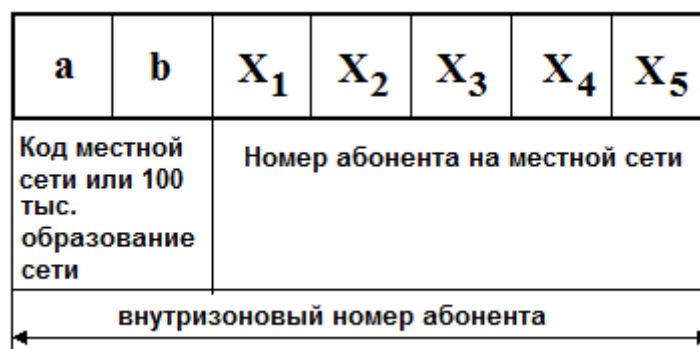


Рисунок 2.7

### 3 лекция. Принципы коммутации

Цель лекции: изучение студентами понятий импульсно-кодовой модуляции, структуры цикла со скоростью 2 Мбит/сек.

Содержание:

- понятие импульсно-кодовой модуляции и принципа формирования ИКМ сигналов;
- структура цикла со скоростью 2 Мбит/сек.

*Понятие импульсно-кодовой модуляции (ИКМ или PCM - Pulse Code Modulation).*

Преобразование непрерывного первичного аналогового сигнала в цифровой код называется импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ) [1, 2, 4,5]. В телекоммуникациях в качестве основания кода выбрана двоичная последовательность, реализуемая с наименьшими аппаратными затратами. Основными операциями при ИКМ являются операции дискретизации по

времени, квантования (дискретизации по уровню дискретного по времени сигнала) и кодирования.

*Дискретизацией* аналогового сигнала по времени называется преобразование, при котором представляющий параметр аналогового сигнала задается совокупностью его значений в дискретные моменты времени.

В цифровых системах передачи, применяется равномерная дискретизация аналогового сигнала (отсчеты этого сигнала производятся через одинаковые интервалы времени). При равномерной дискретизации используются: интервал дискретизации  $\Delta t$  (интервал времени между двумя соседними отсчетами дискретного сигнала) и частота дискретизации  $F_d$  (величина, обратная интервалу дискретизации). Величина интервала дискретизации выбирается в соответствии с теоремой Котельникова (Шеннона).

Согласно теореме Котельникова любой аналоговый (непрерывный), сигнал может быть дискретизирован, и восстановлен на противоположном конце, если частота дискретизации будет в два раза превышать верхнюю частоту этого сигнала.

$$F_d \geq 2F_{MAX}.$$

Канал тональной частоты (основной канал аналогового телефонного канала) должен занимать полосу 300 Гц...3400 Гц. Следовательно, частота дискретизации должна быть не менее:  $F_d = 2 \times 3400 = 6800$  Гц. Согласно рекомендациям МСЭ (Международного союза электросвязи) для сигнала, передаваемого по каналу тональной частоты, принята частота дискретизации  $F_d = 8000$  Гц. Такая частота облегчает реализацию фильтров аппаратуры ЦСП.

Дискретизированные импульсы соответствуют амплитуде мгновенных значений этого сигнала. Эти преобразования называются амплитудно-импульсной модуляцией. Дискреты передаются один за другим циклически в виде временно уплотнённых АИМ сигналов, рисунок 3.1 а, б.

При квантовании любая техника обработки сообщений и систем передачи имеет конечную разрешающую способность, поэтому нет никакой необходимости передавать всё бесконечное множество амплитудных значений непрерывных сигналов, его можно ограничить конечным множеством. Эти разрешённые для передачи амплитудные значения сигналов называются *уровнями квантования*, выбор их количества определяет качество передачи электрических сигналов, рисунок 3.1 в.

Полученный при дискретизации АИМ сигнал подвергается квантованию по уровню. Разность между двумя соседними разрешенными для передачи уровнями называются *шагом квантования- $\Delta$* .

Разность между истинным значением отсчёта сигнала и его квантованным значением называется *ошибкой* или *шумом квантования*.

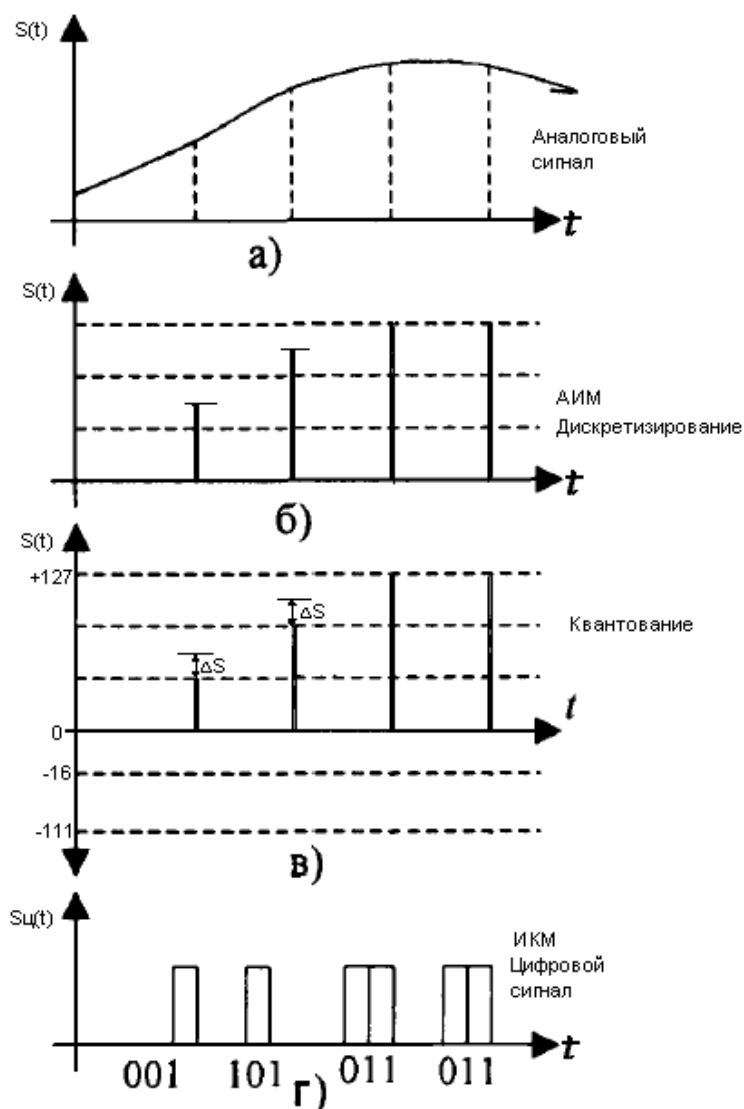


Рисунок 3.1- Преобразование аналогового сигнала в ИКМ сигнал

*Кодированием квантованного отсчета* называется отождествление этого отсчета с кодовыми словами. На практике в ИКМ аппаратуре используют двоичные кодовые слова, причем каждое двоичное слово соответствует определенному уровню квантования сигнала. Согласно рекомендациям МСЭ, было принято 256 уровней квантования (128 положительных и 128 отрицательных уровней), а длина кодового слова - 8 двоичных символов (бит), рисунок 3.1 г.

Первый разряд восьмиразрядной кодовой комбинации определяет полярность амплитуды кодируемого сигнала (1- положительный сигнал "+", 0 – отрицательный "-"); 2,3,4 разряды определяют вершину сегмента, в области которого расположен сигнал; 5,6,7,8 разряды определяют номер уровня в сегменте.

*Структура цикла со скоростью 2 Мбит/сек.*

Передача речи по отдельным каналам тональной частоты на телефонных сетях осуществляется в диапазоне от 300 Гц до 3400 Гц. Для организаций

цифрового коммутационного тракта используется первичный поток ИКМ 30/32 [1, 2, 4].

Структура цикла и сверхцикла системы ИКМ-30 приведены на рисунке 3.2. Цикл состоит из 32 временных интервалов. Сверхцикл состоит из 16 циклов. Длительность цикла  $T_{\text{Ц}}=125$  мкс, что определяет частоту следования циклов  $f_{\text{Ц}}=8$  кГц. Длительность сверхцикла равна  $16 \times 125$  мкс = 2 мс. Для каждого канала в цикле выделяется интервал  $\tau_{\text{К.И}}=3,9$  мкс. Каждый канал рассчитан на передачу информации 8-разрядным бинарным кодом, тогда длительность одного разряда (бита) составит  $\tau_b=0,49$  мкс. Пропускная способность одного временного интервала 64 кбит/с, тогда пропускная способность стандартного первичного тракта ИКМ составляет  $64 \times 32=2048$  кбит/с. В цикле ИКМ временные интервалы 0 и 16 являются служебными каналами, а интервалы с 1 по 15 и с 17 по 31 являются информационными каналами.

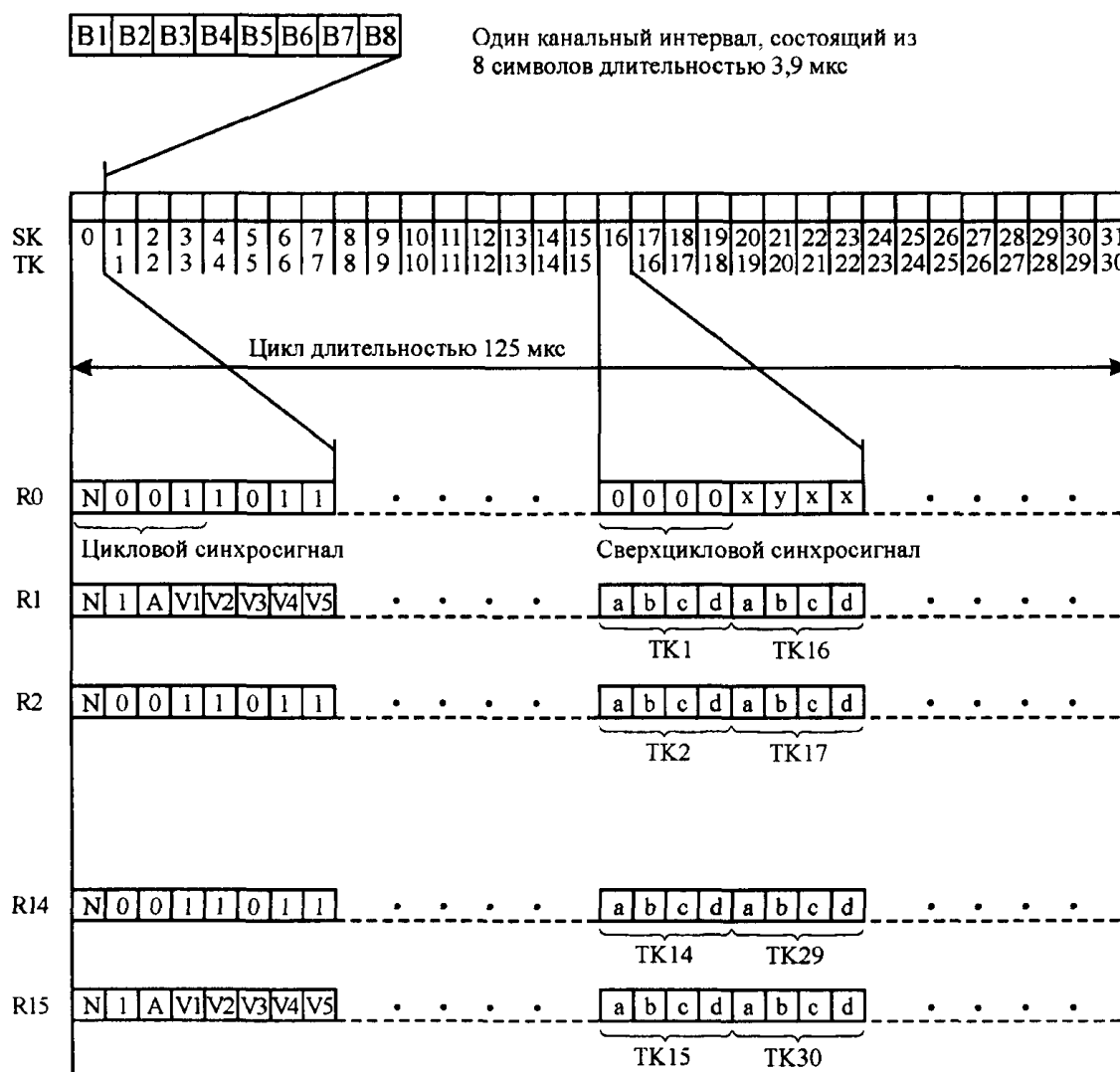


Рисунок 3.2 - Структура цикла и сверхцикла аппаратуры ИКМ-30



Как видно из рисунка 3.2, цифровой синхросигнал занимает позиции 2-8 нулевого канального интервала в каждом втором цикле. Цикловой синхросигнал представляет собой комбинацию 0011011. Для устранения возможности имитации циклового синхросигнала символами 2-8 нулевых интервалов нечетных циклов символу 2 в этих интервалах придается значение 1. Сверхциклового синхросигнал, позволяющий осуществить отсчет циклов в сверхцикле, представляет собой комбинацию 0000 и занимает разрядные интервалы 1-4 канального интервала 16 в цикле 0.

Канальный интервал 16 служит для передачи сигнализации. В каждом цикле передаются сигналы сигнализации двух телефонных каналов.

Обозначения на рисунке 1.2: ТК - номер телефонного канала; RO, ... RI5 - циклы в сверхцикле; SK - канальный интервал; B1, .. B8 - кодовое слово длиной 8 бит; N - бит резервирован для международного использования (значение символа не определено, в настоящее время должен принимать значение 1); A - передача сигнала аварии к аппаратуре ИКМ конца линии связи; VI, .... V5 - символы, предназначены для национального использования (на цифровых трактах, пересекающих государственную границу) эти символы должны иметь значение 1); x — резервный символ (в случае, когда он не используется» должен иметь значение 1); y - символ, используемый для индикации выхода из сверхциклового синхросигнала; a, b, c, d- символы для организации общего канала сигнализации (ОКС), если b, c и d не используются для ОКС, они должны иметь следующие значения: b = 1, c = 0, d= 1.

#### **4 лекция. Принципы цифровой коммутации**

Цель лекции: изучение студентами основных понятий и определений коммутации и принципов преобразования координат цифрового сигнала.

Содержание:

- основные определения и понятия коммутации;
- принцип преобразования временной координаты цифрового сигнала;
- принцип преобразования пространственной координаты цифрового сигнала;
- принцип пространственно-временной коммутации.

*Определения и понятия коммутации.*

*Коммутация* – это процесс установления соединения между определенными входом и выходом системы и поддержания его на время передачи информации пользователя, и последующего разъединения.

Существует следующие методы коммутации [1, 2, 4]:

- коммутация каналов (Circuit Switching дословном переводе коммутация цепей);
- коммутация сообщений (Message Switching);
- коммутация пакетов (Packet Switching).

При *коммутации каналов* сначала создается сквозной канал связи, затем по этому каналу связи в реальном масштабе времени осуществляется обмен информацией и после завершения обмена канал связи разрушается.

При *коммутации сообщений* обмен данными производится не в масштабе реального времени, сквозное соединение между входом и выходом системы не требуется и избыточные сообщения не теряются, а запоминаются и передаются с задержкой.

При *коммутации пакетов* сообщение разбивается на блоки определенного размера – пакеты. Каждый пакет передается независимо, как только освобождается доступный канал связи. На приемной стороне производится восстановление сообщения из пакетов, принятых в разное время и может быть по разным путям.

*Однокоординатной* называется коммутация, при которой соединительные пути в системе отделены друг от друга по одному разделительному признаку, где под разделительным признаком понимается параметр, по которому в системе происходит разделение соединительных путей между вводом и выводом.

*Цифровой коммутацией* называется процесс, при котором соединения между вводом и выводом системы устанавливается с помощью операции над цифровым сигналом без преобразования его в аналоговый.

*Принцип преобразования временной координаты цифрового сигнала (принцип временной коммутации).*

Блок или модуль, осуществляющий функцию временной коммутации цифрового сигнала называется *временной ступенью коммутации* или *T-ступенью* (от time- время) [1, 2, 4].

Изменение порядка следования одного канального интервала исходящей ИКМ линии по сравнению с входящей означает передачу речевой информации от одного абонента к другому, рисунок 4.1. В этом заключается принцип временной коммутации (*иногда говорят о перестановке канальных интервалов или перемещении информации из канала в канал*).

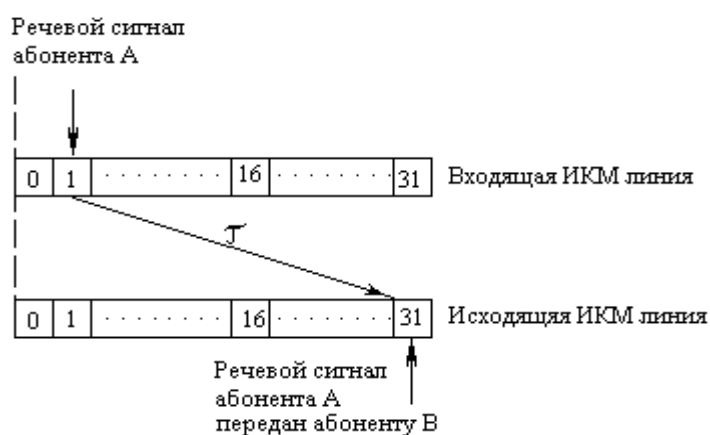


Рисунок 4.1- Иллюстрация принципа временной коммутации

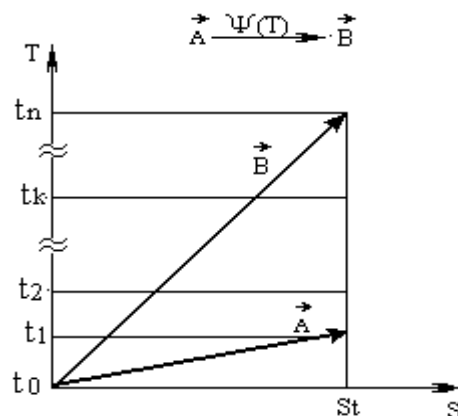


Рисунок 4.2- Векторное представление временной коммутации

Использование векторного представления цифровой коммутации, рисунок 4.2, в координатах пространство-время позволяет несколько по-иному описать принцип временной коммутации. Если предположить ортогональность преобразований временной и пространственной координат цифрового сигнала, то получим выражение:

$$\Psi(S, T) = \Psi(T) + \Psi(S).$$

Для временной коммутации  $\psi(s)=0$ . Операция  $\psi(t)$  является просто операцией задержки определенного кодового слова на заданное время.

Недостатком модуля временной коммутации является то, что он способен коммутировать каналы только одной цифровой линии. Поэтому для коммутации N ИКМ линий необходимо N модулей. А для организации соединения между собой разных ИКМ линий последовательно с ним необходимо включение дополнительного оборудования – блоков пространственной или пространственно-временной коммутации.

*Принцип преобразования пространственной координаты цифрового сигнала (принцип пространственной коммутации).*

Блок или модуль цифрового коммутационного поля, осуществляющий пространственную коммутацию цифрового сигнала, называется *пространственной ступенью коммутации* или *S-ступенью* (от space-пространство) [1, 2, 4].

Суть преобразования пространственной координаты цифровых сигналов состоит в том, чтобы переместить данный канальный интервал из одной ИКМ линию в другую с сохранением порядка следования канального интервала в структурах цикла обеих линий, рисунок 4.3.

Векторное представление такого преобразования показано на рисунке 4.4. В этом случае вновь предполагается ортогональность преобразований временной и пространственной координат цифрового сигнала:

$$\Psi(S, T) = \Psi(T) + \Psi(S) = |\Psi(T) = 0| = \Psi(S).$$

Цифровые КП, построенные на модулях пространственной коммутации, очень широко использовались на первых этапах создания цифровых АТС, ввиду простоты исполнения и недорогой реализации. Однако недостаток пространственного коммутатора, в котором коммутируется только один одноименный канал всех входящих и исходящих ИКМ линий (что означает блокировки при соединении разноименных каналов), привел к тому, что в настоящее время эти модули используются только в сочетании с коммутационными модулями других типов.

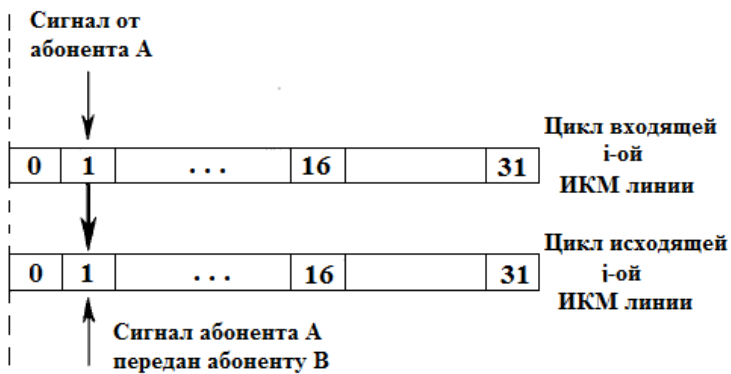


Рисунок 4.3- Иллюстрация принципа пространственной коммутации

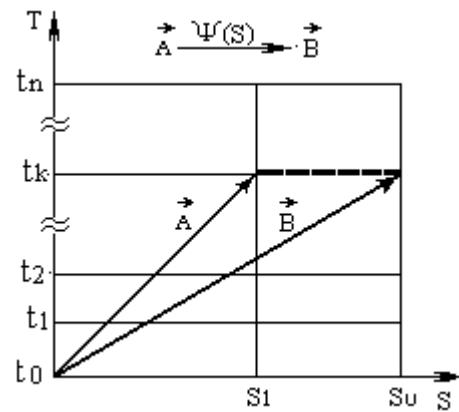


Рисунок 4.4- Векторное представление пространственной коммутации

*Принцип пространственно-временной коммутации.*

Блок или модуль реализующий пространственно-временное преобразование координат цифрового сигнала, называется *S/T- ступенью*.

Суть преобразования пространственно-временной координаты цифровых сигналов состоит в том, чтобы переместить заданный каналный интервал из одной ИКМ линию в другую с изменением порядка следования каналного интервала в структурах цикла обеих линий, рисунок 4.5 [1, 2, 4].

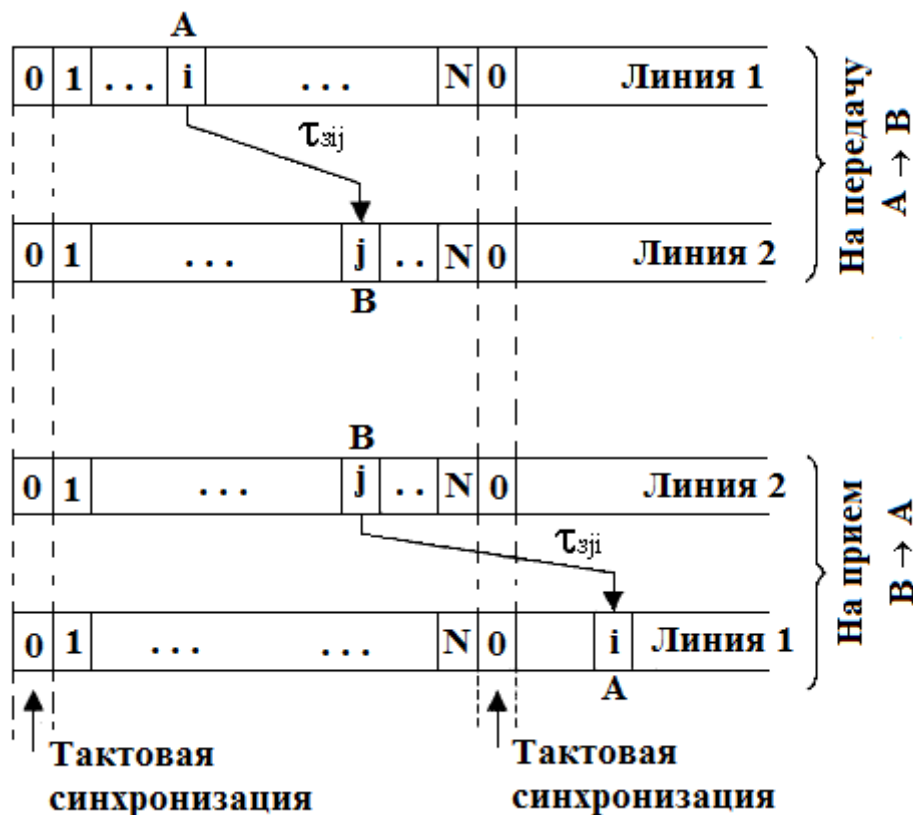


Рисунок 4.5- Иллюстрация принципа пространственно-временной коммутации

Векторное представление пространственно-временной коммутации показано на рисунке 4.6. Блок, реализующий этот принцип, является единым конструктивным блоком. Поэтому  $\psi(s,t)$  нельзя представить суммой ортогональных преобразований  $\psi(t)$  и  $\psi(s)$ .

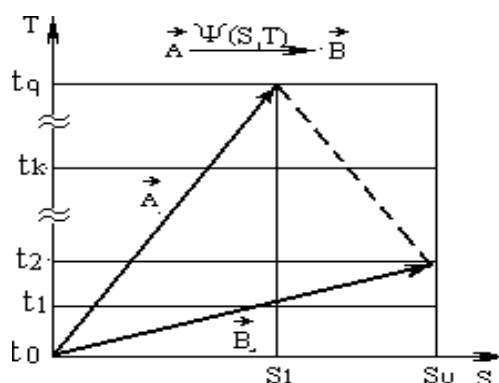


Рисунок 4.6- Векторное представление пространственно-временной коммутации

## 5 лекция. Цифровые коммутационные поля 1, 2, 3, 4, 5-го класса

Цель лекции: изучение студентами классов ЦКП.

Содержание:

- принципы построения ЦКП;
- классификация ЦКП;
- особенности функционирования цифровых КП.

*Принципы построения ЦКП.*

*Коммутационная система* отражает принципы внутреннего построения коммутационной станции и представляет собой совокупность технических средств, предназначенных для осуществления оперативной коммутации [1, 2].

Коммутационная система, реализующая функцию цифровой коммутации, получила название *цифровой системы коммутации* (ЦСК).

В цифровой коммутационной системе функцию коммутации осуществляет *цифровое коммутационное поле* (ЦКП). Управление всеми процессами в системе коммутации осуществляет управляющий комплекс.

Цифровое КП строится обычно по звеньевому принципу. Звеном цифрового КП называют группу ступеней ( $S$ -,  $T$ - или  $S/T$ -), реализующих одну и ту же функцию преобразования координат цифрового сигнала. В зависимости от числа звеньев различают двух-, трех- и многозвенные КП.

Цифровое КП называются *однородным*, если любое соединение в нем устанавливается через одинаковое количество звеньев. Большинство современных ЦСК имеют однородные цифровые КП.

*Особенности построения многозвенных цифровых КП:*

1) Цифровые КП строятся с использованием определенного числа модулей.

2) Цифровые КП обладают *симметричной* структурой. Под симметричной понимают структуру, в которой звенья 1 и  $N$ , 2 и  $N-1$ , 3 и  $N-2$  ... являются идентичными по типу и числу блоков коммутации.

3) Цифровые КП почти всегда являются *дублированными*, что связано с критичностью неполадок в коммутационном поле к функционированию всей системы в целом.

4) Цифровые КП являются четырехпроводными, поскольку цифровые линии, по которым передаются уплотненные ИКМ сигналы, также четырехпроводные.

С учетом симметричности и модульности построения все множество синхронных цифровых КП с функциональной полнотой коммутации можно разделить на *пять классов* [1, 2]. В каждом классе можно выделить базовую структуру и подструктуры, образованные добавлением дополнительных коммутационных элементов с предварительным мультиплексированием (MUX) и последующим демультимплексированием (DMUX) цифровых групповых трактов.

1. Базовая структура:  $S \times k - T \times r - S \times k$ .

Подструктура: MUX -  $S \times k - T \times r - S \times k$  - DMUX.

Особенностью поля является наличие S-ступени в первом и последнем звене, порядок следования T- и S-ступеней внутри поля - произвольный с соблюдением правил симметрии.

2. Базовая структура:  $T \times k - S \times r - T \times k$ .

Подструктура: MUX -  $T \times k - S \times r - T \times k$  - DMUX.

Особенностью поля является наличие T-ступени в первом и последнем звене, порядок следования T- и S- ступеней внутри поля - произвольный с соблюдением правил симметрии.

3. Базовая структура:  $S/T \times k - S \times r - S/T \times k$ .

Подструктура: MUX -  $S/T \times k - S \times r - S/T \times k$  - DMUX.

4. Базовая структура:  $S/T \times k$ .

Подструктура: MUX -  $S/T \times k$  - DMUX.

5. Кольцевые цифровые коммутационные поля.

Хотя кольцевые КП строятся на S/T-ступенях (кольцевых соединителях), и по сути являются разновидностью полей 4 класса, но ввиду их важности и особенностей построения принято выделять их в отдельный класс.

*ЦКП первого класса.*

Первоначально за основу таких типов ЦКП были взяты звенья пространственной ступени коммутации, например: АТС Sintel, DEX-T имели структуру поля типа S-S при параллельном способе коммутации. Но пространственные коммутаторы имеют большую вероятность внутренних блокировок, поэтому на практике получили распространения структуры, где

пространственные S-ступени коммутации разделены временными T-ступенями, т.е. такие ЦКП объединяют симметричные поля, рисунок 5.1.

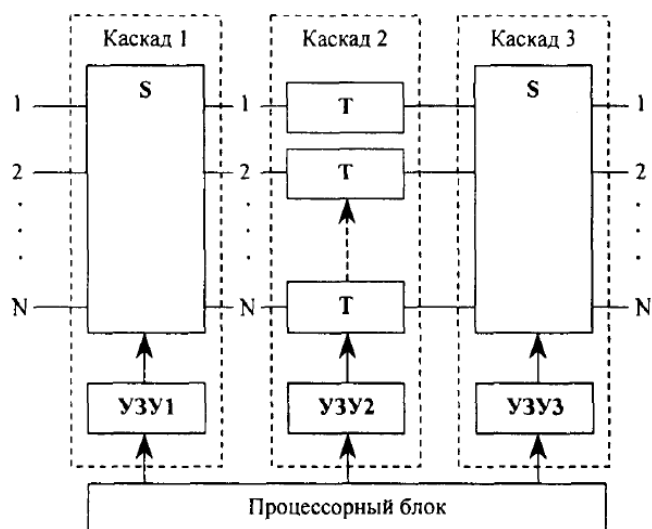


Рисунок 5.1 – Базовая структура ЦКП первого класса

*ЦКП второго класса.*

К таким типам ЦКП относятся системы: NEAX 61 (Япония), №4 ESS (США), АХЕ 10, D70, FETEX150.

Особенности ЦКП второго класса:

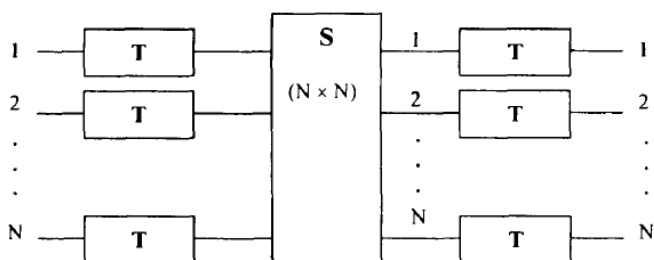


Рисунок 5.2 – Базовая структура ЦКП второго класса

- применение дополнительных S-ступеней увеличивает емкость и пропускную способность поля, но не влияют на принципы его функционирования;

- предварительное мультиплексирование на входах фактически обеспечивает вторичное уплотнение входящих цифровых трактов, а последующее демуплексирование на выходах восстанавливает их, что приводит к увеличению пропускной способности ЦКП без применения дополнительных S-ступеней;

- для увеличения скорости обработки данных в КП на входе, как правило, производят преобразование последовательно кода в параллельный. Для этого на каждой входящей линии устанавливается преобразователь

последовательно-параллельного типа, а на выходящей - параллельно-последовательного.

*ЦКП третьего класса.*

К таким типам ЦКП относятся системы: МТ 20/25 (Франция), System X (DSS) (Великобритания), EWSD (Германия), GDTS (США), DTS-11 (Япония) и ряд других, на основе которых можно строить местные, междугородные и транзитные станции.

ЦКП этого класса являются универсальными, поскольку позволяют однотипно строить системы коммутации практически для всего диапазона емкостей: малой, средней и большой. При этом наращивание емкости происходит за счет увеличения количества звеньев пространственной коммутации, переходя от более простых структур S/T-S-S/T к более сложным S/T-S-S-S/T. Часто при проектировании коммутационного поля ступени временной и пространственной коммутации объединяются в соответствующие блоки: блок временной коммутации и блок пространственной коммутации. Тогда наращивание емкости КП происходит путем простого добавления определенного количества БВК и БПК.

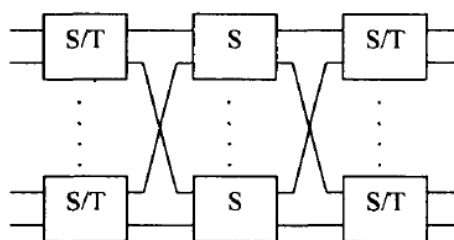


Рисунок 5.3 – Базовая структура ЦКП третьего класса

*ЦКП четвертого класса.*

К таким типам ЦКП относятся системы: PROTEL UT и другие. ЦКП четвертого класса находят широкое применение благодаря удобствам увеличения емкости поля путем простого добавления S/T-ступеней, выполненных в виде универсальных интегральных микросхем (ИМС).

Основу S/T-ступени составляют коммутационные элементы или модули. При проектировании ЦАТС небольшой емкости их КП может быть построено с использованием одного звена S/T-ступени, содержащей всего один модуль (емкостью обычно от 8/8 до 32/32 входящих/исходящих ИКМ линий), рисунок 5.4.

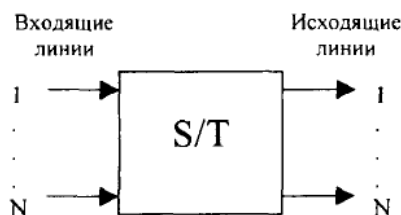


Рисунок 5.4 – Базовая структура ЦКП четвертого класса



*ЦКП пятого класса.*

К таким типам ЦКП относятся системы: ITT1240 (США), S12 Alcatel, но кольцевые ЦКП не получили широкого распространения. Звенья кольцевого поля чаще всего строятся на кольцевых цифровых коммутационных элементах (ЦКЭ). Структура ЦКП системы ITT1240 представлена на рисунке 5.5. Такое ЦКП состоит из блоков подключения (БП) и блока групповой коммутации (БГК). Один БП состоит из двух ЦКЭ. Количество БП и ступеней в БГК зависит от числа подключенных оконечных модулей (ОМ). Количество плоскостей зависит от средней нагрузки, создаваемой ОМ, и от заданного качества обслуживания.

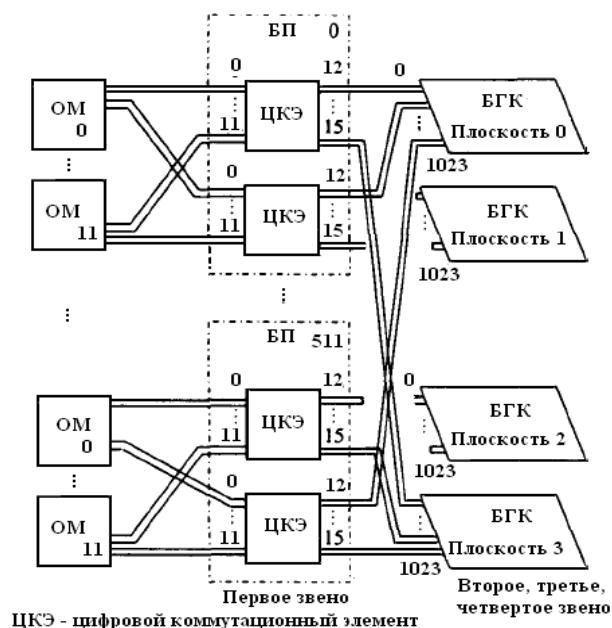


Рисунок 5.5 – Базовая структура ЦКП пятого класса

## **6 лекция. Построение абонентского интерфейса в цифровых системах коммутации**

Цель лекции: изучение студентами понятия интерфейса ЦСК и абонентских интерфейсов ЦСК.

Содержание:

- интерфейсы цифровых систем коммутации;
- аналоговый абонентский интерфейс и проблема BORSCHT;
- цифровой абонентский интерфейс;
- абонентский интерфейс ISDN.

*Интерфейсы ЦСК.*

Работа цифровых систем коммутации происходит в окружении разнообразного телекоммуникационного оборудования: других АТС (цифровых и аналоговых), различных абонентских устройств, систем

передачи. ЦСК должна обеспечивать интерфейс (интерфейс) с аналоговыми и цифровыми абонентскими линиями (АЛ) и системами передачи [1, 2, 4].

*Интерфейсом* называется граница между двумя функциональными блоками, которая задается функциональными характеристиками, общими характеристиками физического соединения, характеристиками сигналов и другими характеристиками в зависимости от специфики.

Интерфейс обеспечивает одноразовое определение параметров соединения между двумя устройствами. Эти параметры относятся к типу, количеству и функциям соединительных цепей, а также к типу, форме и последовательности сигналов, которые передаются по этим цепям.

Интерфейсы цифровой АТС, рисунок 6.1:

- аналоговый абонентский интерфейс;
- цифровой абонентский интерфейс;
- абонентский интерфейс ISDN;
- сетевые (цифровые и аналоговые) интерфейсы.

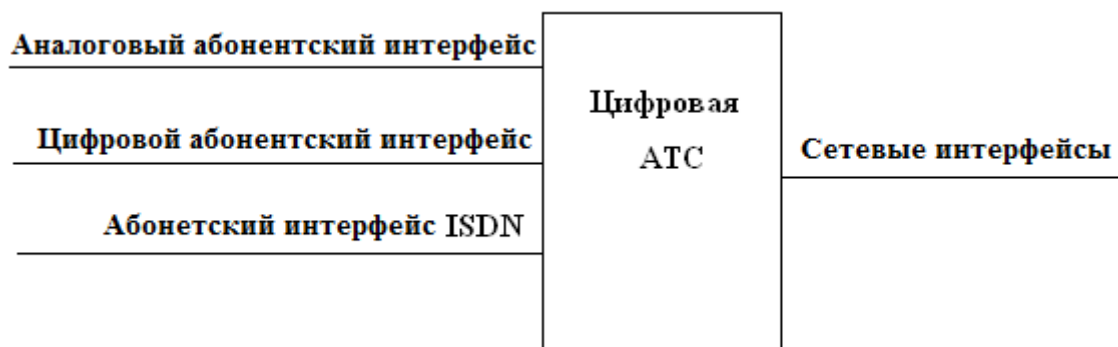


Рисунок 6.1 – Интерфейсы цифровых коммутационных систем

Для включения аналоговых линий (абонентских или от учрежденческих производственных АТС (УПАТС) в устройства, обеспечивающие доступ к цифровой станции) используются интерфейсы типа  $Z$  ( $Z_1, Z_2, Z_3$ ).

Для включения цифровых линий были определены интерфейсы  $U$  и  $V$ . Они используются для включения АЛ при основном доступе к сетям *ISDN*. Интерфейс  $V_2$  предназначен для включения цифровых подстанций на скорости 2048 кбит/с. Через интерфейс  $V_3$  включается цифровое оборудование при первичном доступе к интегральным сетям, например, цифровые УПАТС. Мультиплексорное оборудование в цифровые АТС включается через интерфейс  $V_4$ . Для мультиплексоров ИКМ, используемых при подключении аналоговых выносных подстанций и аналоговых учрежденческих АТС, для подключения цифровых сетей доступа применяется интерфейс  $V_5$ .

*Аналоговый абонентский интерфейс и проблема BORSCHT.*

При создании и внедрении цифровых АТС возникла проблема включения в цифровую АТС аналоговой абонентской линии (АЛ) с аналоговым телефонным аппаратом (ТА). Данные проблемы, описываются аббревиатурой BORSCHT (таблица 6.1) [1, 2].

Таблица 6.1- Описание функции BORSCHT

Буквы аббревиатуры	Имя функции по-английски и его русский перевод	Описание функции
В	Battery feed (Запитка микрофонов)	К абонентской линии прикладывается напряжение, необходимое для запитки угольных микрофонов ( $U=60$ В, $I=20$ мА в странах бывшего СССР)
О	Overvoltage protection (Защита от опасных напряжений)	Оборудование цифровой АТС с помощью специальных устройств защищает от попадания со стороны абонентской линии напряжения 220 (380) В, а также напряжения при ударе молнии
Р	Ringng (Посылка вызывного сигнала)	Вызываемому абоненту посылается сигнал «Вызов» частотой 25 Гц и напряжением 95 В (в некоторых странах напряжение 110 В)
С	Supervision, иногда Signalling (Наблюдение или сигнализация)	Приборы АТС должны зафиксировать факты поднятия и опускания микротелефонной трубки вызывающим и вызываемым абонентом, а также обеспечить прием цифр номера вызываемого абонента
С	Coding (Кодирование)	Аналоговый сигнал, поступающий по абонентской линии преобразуется в цифровой сигнал и наоборот
Н	Hybrid (Функция дифсистемы)	Аналоговая абонентская линия является двухпроводной, а передача и коммутация сигналов в цифровых АТС - четырехпроводным. Поэтому осуществляется преобразование с помощью дифференциальных систем (дифсистем)
Т	Testing (Контроль)	Осуществляется контроль работы абонентской линии и телефонного аппарата, а также устройств, выполняющих вышеперечисленные функции

При включении аналоговой АЛ в АТСЦ приходится решать следующие группы проблем организации аналогового абонентского интерфейса:

- согласование по виду передаваемого речевого сигнала (функция Coding - кодирование) и в связи с этим переход от двухпроводной схемы разговорного тракта к четырехпроводной и наоборот (функция Hybrid - функция дифсистемы);

- согласование по уровням передаваемых сигналов: в сторону ТА посылаются сигналы высокого уровня (функции Battery feed и Ringing), в сторону АТС эти сигналы не должны передаваться (АТСЦ построены на БИС и СБИС с питанием 5 В... 12 В);

- обеспечение абонентской сигнализации (функция Signalling - сигнализация). Функции Testing (контроль) и Overvoltage protection (защита от опасных напряжений) не относятся прямо к организации интерфейса аналоговой АЛ, однако их реализация позволяет автоматизировать процесс эксплуатации АЛ и ТА, а также защитить АТСЦ от опасных напряжений.

### *Цифровой абонентский интерфейс.*

Каждая фирма создает для своих цифровых станций определенный интерфейс, который поддерживает «родной» протокол для «своего» цифрового ТА. Поэтому цифровой абонентский интерфейс можно описать общими принципами организации цифрового обмена по абонентской линии [1, 2].

Для двухсторонней передачи цифровой информации по абонентским линиям возможно использование четырех типов систем:

- четырехпроводная система;
- двухпроводная система с частотным разделением направлений передачи;
- двухпроводная система с временным разделением направлений передачи;
- двухпроводная система с адаптивными эхокомпенсаторами.

*Четырехпроводная система.* Достоинства цифровой передачи по четырем проводам заключаются в довольно свободном подключении абонентских терминалов, находящихся на значительном удалении друг от друга и от опорной станции, а также в простоте схемных решений. Система достаточно устойчива к переходным помехам, позволяет перекрыть большой диапазон изменения затухания линии без регенерации сигнала. Однако она характеризуется низким использованием передаточных возможностей кабеля.

*Двухпроводная система с частотным разделением направлений.* Эта система должна иметь полосу в два раза шире полосы передаваемой информации для одного канала. Реально реализованные системы используют дифсистемы, что позволяло уменьшить взаимное влияние направлений передачи, рисунок 6.2. Передача информации ведется бифазным кодом. В одном направлении  $X_1$  передача ведется кодом один период/символ (BiPh1), а в другом направлении  $X_3$  - кодом три периода/символ (BiPh3).

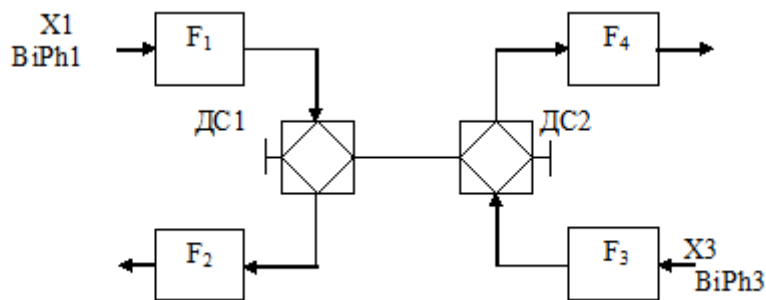


Рисунок 6.2 – Система передачи с частотным разделением направлений и дупсистемами

### *Абонентский интерфейс ISDN.*

Сети ISDN (Integrated Services Digital Network) позволяют: передавать телефонию, данные, объединять удаленные локальные вычислительные сети (ЛВС), обеспечить доступ к Интернет, передать трафик видеоконференцсвязи [1, 4, 5].

Технология ISDN включает базовый доступ (BRI или BA) и первичный доступ (PRI или PA). Базовый доступ предусматривает предоставление абоненту двух каналов по 64 кбит/с для передачи графика (типа В) и одного канала сигнализации 16 кбит/с (канал типа D). Первичный доступ предусматривает предоставление абоненту 30 В-каналов по 64 кбит/с для передачи графика и одного D-канала сигнализации (также 64 кбит/с).

Подключение абонентов к цифровой АТС осуществляется обычно по электрическому двухпроводному кабелю:

- для базового доступа через интерфейс типа  $U_0$ ;
- для первичного доступа через интерфейс  $U_{k2}$ .

## **7 лекция. Сетевые интерфейсы цифровых АТС**

Цель лекции: изучение студентами сетевых интерфейсов цифровых АТС.

Содержание:

- понятие сетевых интерфейсов (интерфейсов) цифровых АТС;
- особенности подключения сетевых интерфейсов с ЦСП;
- интерфейс с аналоговыми СЛ и системами передачи;
- интерфейс с сетью доступа;
- интерфейс с сетью ТМН.

### *Понятие сетевых интерфейсов цифровых АТС.*

Согласно рекомендациям Q.501-Q.517 аналоговые и цифровые соединительные линии включаются в АТС через сетевые интерфейсы типов А, В и С [1, 4].

Через интерфейс А подключаются цифровые тракты, уплотненные аппаратурой ИКМ-30 (2048 кбит/с) или ИКМ-24 (1544 кбит/с).

Интерфейс В предназначен для подключения цифровых трактов, уплотненных аппаратурой ИКМ-120 (844 8 кбит/с).

Аналоговые двух- и четырехпроводные линии включаются в станционное окончание цифровой АТС через интерфейс С. Аналого-цифровые преобразователи для этих линий входят в состав оборудования цифровой АТС.

#### *Особенности подключения сетевых интерфейсов с ЦСП.*

При соединении цифровой АТС с другой цифровой АТС, или при установлении между цифровой АТС и аналоговой АТС цифровой системы передачи, на первой организуется цифровой интерфейс. В этом случае реализуется одно из самых важных преимуществ ЦСК, которое состоит в создании единого цифрового представления информации в тракте «передача – коммутация».

Так, представление речевого сигнала в виде ИКМ сигнала (скорость 64 кбит/с, 8 бит в кодовом слове) аналогично как для цифровых коммутационных систем, так и для аппаратуры ЦСП. Но существует ряд проблем в отношении интерфейсов ЦСП и цифровых коммутационных систем. Во - первых, в телефонной сети могут использоваться (и реально используются) ЦСП, не входящие в иерархию систем передачи МСЭ (например, ИКМ - 15, специальные ЦСП АЛ). Во - вторых, в силу особенностей построения цифровых КП структура циклов внутри них отличается от структуры циклов ЦСП. МСЭ определил, что не будут выдвинуты никакие требования относительно структуры циклов ИКМ трактов внутри ЦСК. Разработчики цифровых АТС имеют возможность осуществлять по своему усмотрению временное уплотнение ИКМ потоков (вторичное мультиплексирование) в АТС, изменять длину кодового слова. В - третьих, кодирование слов в линии ИКМ и внутри АТС различается.

К цифровому интерфейсу ЦСП и цифровой АТС предъявляются две группы требований: электрические и логические.

Необходимость согласования структур циклов означает, что на входе ЦСП должны быть сформированы циклы, соответствующие требованиям данной ЦСП. Такое согласование осуществляется обычно при вторичном демультимплексировании внутри АТС.

Логическое согласование включает преобразование линейного сигнала кода HDB3 в двоичный код и наоборот, синхронизацию входных сигналов в соответствии с тактовыми сигналами станции.

#### *Интерфейс с аналоговыми СЛ и системами передачи.*

Для связи аналоговой и цифровой АТС используются существующие или вновь создаваемые аналоговые физические соединительные линии (СЛ). В этом случае для каждой системы сигнализации аналоговых соединительных линий организуется отдельный интерфейс. На рисунке 7.1 показаны принципы согласования цифровой ЭАТС 200 с городскими станциями типа

АТСК и АТСКУ по двухпроводным физическим соединительным линиям с сигнализацией постоянным током [1, 4].

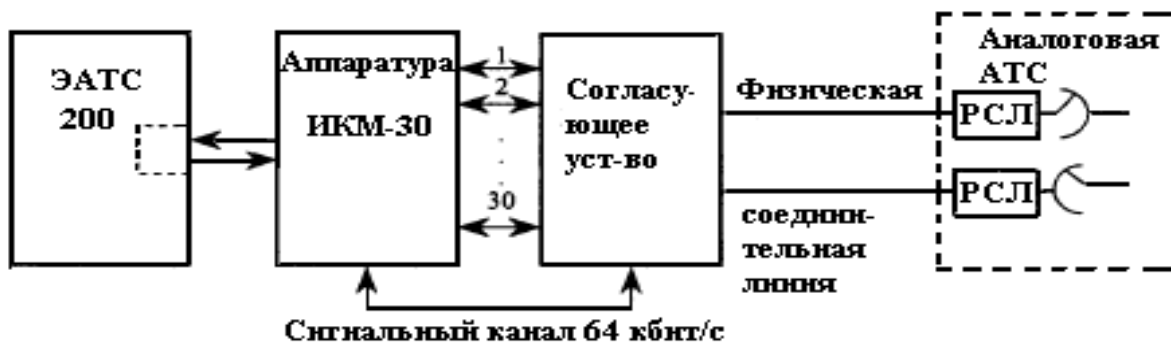


Рисунок 7.1 - Схема связи ЭАТС 200 с электромеханическим АТС (РСЛ - реле СЛ)

Согласующее устройство (рисунок 7.2), условно можно разделить на две части: канальную и сигнально-синхронизационную. Схемы, размещенные в каналах согласующего устройства, преобразуют сигнальные посылки постоянного тока физических соединительных линий в сигналы, подаваемые в блок управления. Канальная часть не производит никакой логической обработки сигналов, поступающих из линий.



Рисунок 7.2 – Схема согласующего устройства

Блок управления строит сигнальную информацию каждой соединительной линии через 2 мс. Осуществив отчет, он обрабатывает его и посылает соответствующие кодовые посылки (согласно кодам 16-канального интервала ИКМ 30) в сопрягающий блок, который осуществляет согласование блока управления с ИКМ аппаратурой по принципу противонаправленного интерфейса. Все необходимые для работы согласующие устройства, синхронизирующие сигналы вырабатывает блок тактового синхронизма.

### *Интерфейс с сетью доступа.*

Под сетью доступа понимают номенклатуру категорий абонентов (передача речи, данных, видео) и сред передачи (металлический и волоконно-оптический кабель, беспроводной доступ). Универсальный интерфейс, позволяющий совмещать все технологии абонентского доступа в единую сеть - сеть доступа, получил название V5 - *интерфейс сети доступа* [1, 4].

Интерфейс V5 имеет две разновидности - V5.1 и V5.2. Интерфейс V5.1 позволяет подключить к АТС по цифровому тракту 2048 кбит/с до 30 аналоговых АЛ без концентрации. При этом сигнализация осуществляется по общему каналу. Интерфейс V5.2 содержит несколько (до 16) трактов 2048 кбит/с и поддерживает концентрацию с коэффициентом не более 8 и динамическое назначение канальных интервалов. В этом состоит принципиальное различие интерфейсов V5.1 и V5.2. Канальные интервалы (в спецификации интерфейса - несущие каналы) интерфейса V5.1 жестко закреплены за цифровыми каналами абонентских трактов, т.е. между этими каналами существует постоянное соединение. В интерфейсе V5.2 жесткое закрепление несущих каналов за каналами абонентских портов отсутствует. При этом, благодаря возможности концентрации, количество используемых несущих каналов в интерфейсе всегда меньше количества обслуживаемых каналов абонентских портов. Несущий канал интерфейса V5.2 предоставляется только тому каналу абонентского порта, для которого запрашивается услуга связи и только на время пользования этой услугой. При этом в каждом тракте 2048 кбит/с может быть предусмотрено несколько каналов сигнализации. Сравнительные характеристики интерфейсов V5.1 и V5.2 приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 - Сравнительные характеристики интерфейсов V5.1 и V5.2

Интерфейс V5.1	Интерфейс V5.2
Позволяет подключать к АТС один тракт E1 (30 В-каналов)	Позволяет подключать к АТС группу трактов (до 16) 2048 кбит/с
Не обеспечивает функцию концентрации абонентских линий. Прямое соответствие между канальными интервалами тракта E1 и системой передачи абонента	Обеспечивает концентрацию нагрузки абонентских линий. Динамическое назначение канальных интервалов
Не поддерживает первичный доступ ISDN	Поддерживает первичный доступ ISDN
Сигнализация осуществляется по общему каналу в тракте интерфейса	Для каждого тракта 2048 кбит/с предусмотрено несколько каналов сигнализации
Не обеспечивает функции резервирования при отказе тракта интерфейса	Обеспечивает резервирование при отказе тракта путем переключения на другой тракт интерфейса



### Интерфейс с сетью TMN.

Телекоммуникационная сеть управления - TMN (Telecommunication Management Network) предложена МСЭ как единая концепция управления для широкого круга сетевого оборудования и различного класса задач. Сеть TMN предоставляет стандартизированные интерфейсы, функции управления, маршрутизацию для сетей с различным оборудованием, различных версий от различных производителей [1, 4, 5].

TMN концептуально представляет собой отдельную сеть (рисунок 7.3) подключенную через специализированные интерфейсы (интерфейсы Q3) во множество точек телекоммуникационной сети для получения информации и управления ее функционированием. Оператор сети имеет возможность управлять большим количеством распределенного оборудования с ограниченного количества узлов управления.

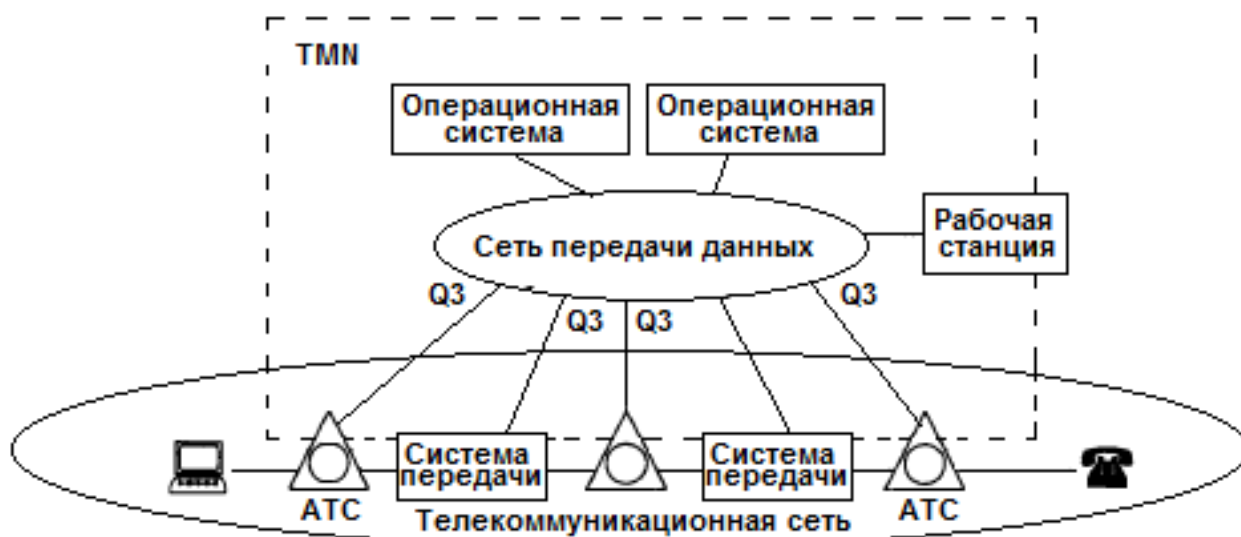


Рисунок 7.3 – Взаимодействие между телекоммуникационной сетью и TNM

Интерфейс Q3 это подсистема и содержит две функции:

- встроенный Q-адаптер, предназначенный для перекодирования сообщений, приходящих от операционной системы TMN во внутренние сообщения АТС и обратно (например, преобразование команд MML операционной системы АТС в формат интерфейса Q3 и обратно);
- стек протоколов Q3, обеспечивающий требуемые возможности связи, соответствующие концепции Взаимодействия Открытых Систем (OSI).

## 8 лекция. Сигнализация в цифровых системах коммутации

Цель лекции: изучение студентами основных понятий сигнализации.

Содержание:

- основные понятия сигнализации;

- сигнализация в ЦСК;
- классификация систем сигнализации, сигнализация по выделенному каналу.

#### *Основные понятия сигнализации.*

*Сигнализация* – это необходимое условие выполнения сетью своих функций: распределение и доставка отдельных сообщений по адресу с соблюдением различных требований к этой доставке [1, 3, 4, 7].

*Сигнализация* - это совокупность сигналов, обеспечивающая взаимодействие станций и узлов на различных этапах создания и разрушения соединительных трактов. Иначе говоря, система сигнализации поддерживает совместное существование коммутационных узлов и станций в сети для обеспечения функций обслуживания абонентов. Соединительный тракт между окончательными абонентскими установками может устанавливаться через одну или несколько односторонних или разносторонних АТС, которые должны обмениваться сигналами в процессе установления и разъединения связи.

*Сигналы сигнализации* - эти сигналы рассматриваются как переносчики информации, относящейся к определенному каналу, определенному входному сообщению или к процедуре управления сетью, они делятся на три вида:

- линейные;
- управления;
- информационные.

*Линейные сигналы* используются при межстанционной связи для взаимного информирования станции о состоянии линии или канала связи в процессе обслуживания вызова. Эти сигналы отмечают основные этапы установления соединения и передаются на любом этапе между линейными комплектами, которыми оборудуются соединительные линии на АТС. Состав линейных сигналов зависит от типа коммутационного оборудования; аппаратуры передачи; структуры и назначения сети и ее отдельных участков. Они передаются по каналам линейной сигнализации как в прямом, так и в обратном направлениях с момента начала установления соединения и до полного освобождения обслуживаемой линии. В системах коммутации линейные сигналы могут транслироваться последовательно из одного звена в другое и в случае необходимости осуществлять переход из одной системы линейной сигнализации в другую. Последовательность передачи линейных сигналов определяется процессом установления соединения.

*Сигналы управления* используются для установления соединения в сети связи по требованию вызывающего абонента и содержат информацию о номере линии вызванного абонента (адресную информацию), о режиме работы управляющих устройств на АТС, о режиме работы сети, виде каналов связи и т.д. Состав этих сигналов сильно зависит от интеллектуальной способности системы коммутации и с увеличением интеллектуальности постоянно расширяется с целью повышения

достоверности передаваемой информации, правильности установления соединения, улучшения качества разговорного тракта.

В состав сигналов управления входят информация о маршруте соединения, сигналы управления обменом, сигналы управления сетью. При управлении соединением выполняются следующие задачи:

- прием вызова от абонента;
- прием информации о номере вызываемого абонента;
- анализ принятой информации;
- определение направления связи;
- поиск соединительных путей в коммутационном поле АТС и требуемом направлении;
- установление соединения при ответе вызываемого абонента;
- разъединение при получении сигнала отбоя.

Сигналы управления включают в себя сигнализацию о маршруте (адресная информация); сигналы управления обменом; сигналы управления сетью.

В состав *сигналов маршрутизации* входят цифры номера вызываемого абонента, код станции, код телефонной зоны, сигналы о категории вызова, запроса аппаратуры определения номера вызывающего абонента (АОН) при междугородной связи, виде устанавливаемых соединений (автоматический или полуавтоматический), способе передачи управляющей информации и т.д. Некоторые сигналы используются для создания тракта, обеспечивающего качественную передачу информации.

*Информационные сигналы* (сигналы информирования абонентов) используются для извещения вызываемого абонента о процессе установления соединения, а также о свободности или занятости соединительных линий и линии вызываемого абонента. К информационным сигналам относятся сигналы «Ответ станции – ОС», «Посылка вызова – ПВ», «Контроль посылки вызова – КПВ», «Сигнал Занято – СЗ», занятости каналов направления и др.

Понятие сигнализации относится к вопросу функционирования ЦСК (цифровой АТС) в сети связи, рисунок 8.1.

*Классификация систем сигнализаций.*

Для организации на сети связи канала для передачи сигналов сигнализации используют два основных метода, рисунок 8.2:

- сигнализация по выделенному каналу;
- сигнализация по общему каналу.

*Сигнализация по выделенному каналу.*

При сигнализации по выделенному каналу сигналы сигнализации, необходимые для эксплуатации какого-нибудь определенного канала, передаются по этому каналу или по специально выделенному каналу, который жестко закреплен за информационным каналом.

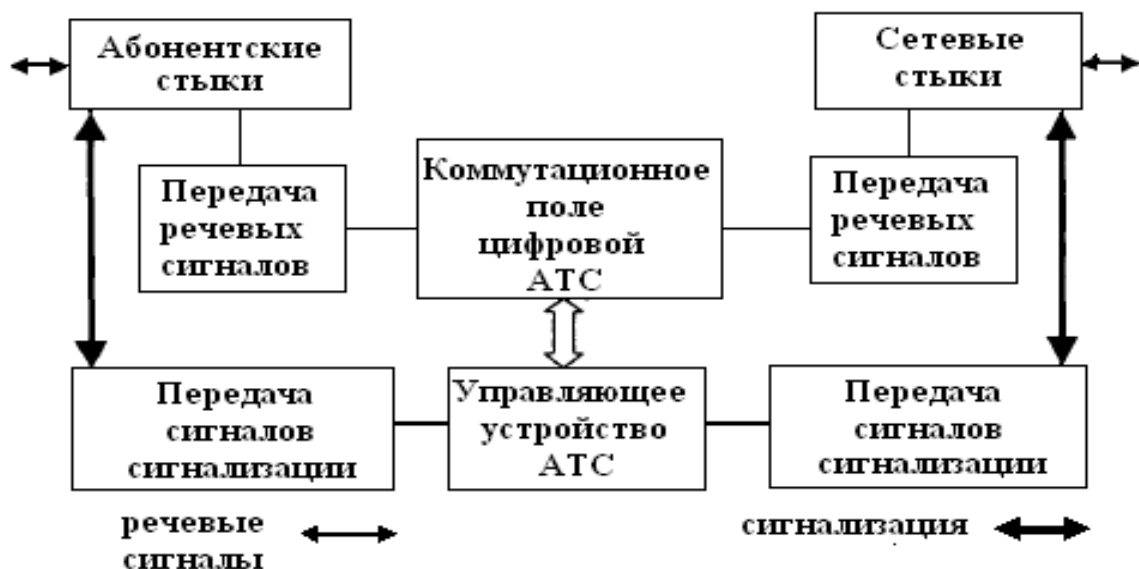


Рисунок 8.1 – Прохождение речевых сигналов и сигналов сигнализации в АТСЦ

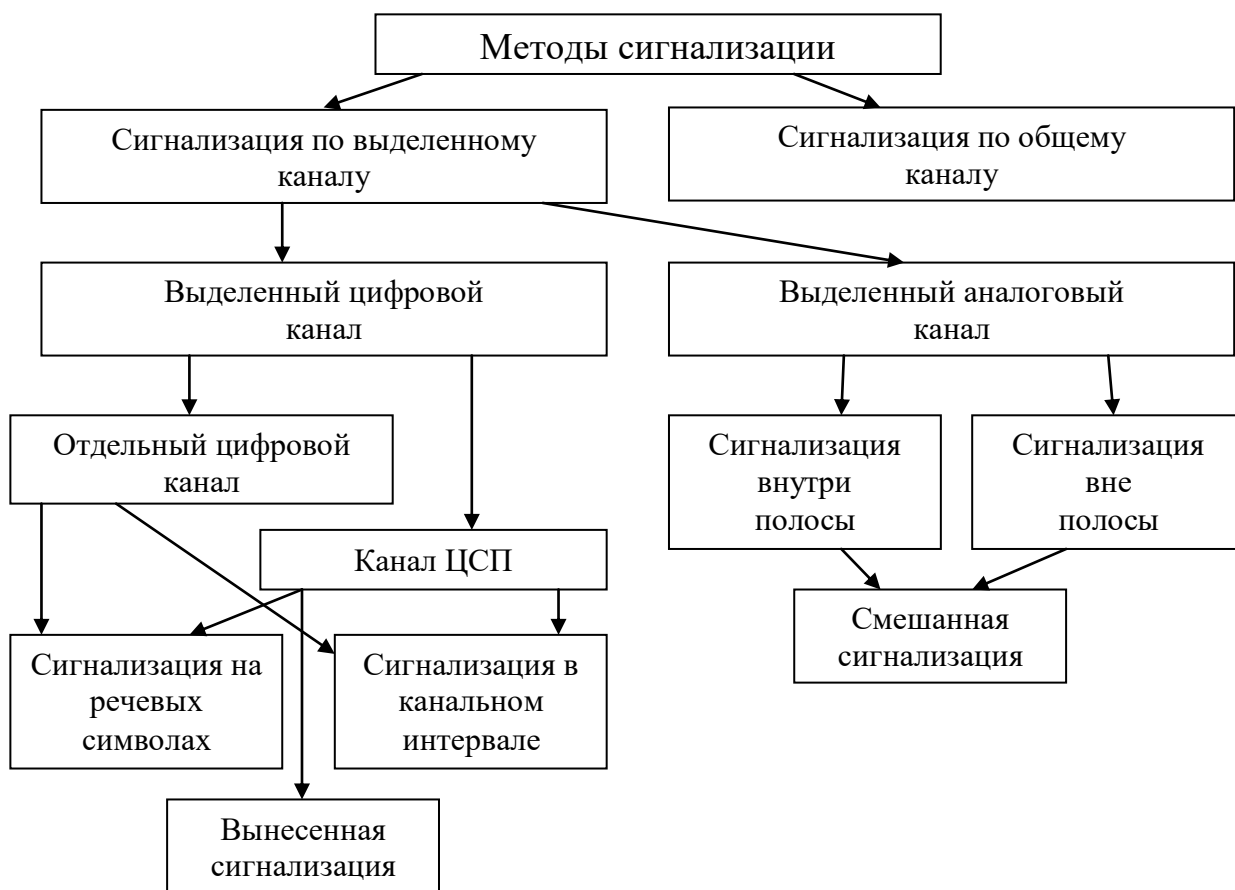


Рисунок 8.2 – Классификация систем сигнализаций по способу выделения канала для сигналов сигнализации

Если канал передачи является *аналоговым*, то сигнализация по выделенному каналу подразделяется на три метода:

- *сигнализация в полосе разговорных частот (сигнализация «в полосе», внутриполосная сигнализация)*. Полоса стандартного аналогового телефонного канала составляет 3,1 кГц (для физического канала граничными частотами являются 300 Гц и 3400 Гц; такой канал имеет специальное название «канал тональной частоты»). Следовательно, для телефонии при сигнализации «в полосе» сигналы сигнализации должны иметь параметры, которые позволяли бы передавать их в полосе 3,1 кГц с необходимым качеством;

- *сигнализация вне полосы разговорных частот (сигнализация «вне полосы», внеполосная сигнализация)*. Для передачи сигналов сигнализации используется канал, жестко привязанный к информационному каналу и имеющий полосу пропускания вне полосы информационного канала. Для систем сетевой сигнализации используется канал, расположенный выше полосы пропускания информационного сигнала (например, в полосе 3600 - 4000 Гц);

- *смешанная сигнализация*. В такой системе сигнализации часть сигналов сигнализации передается внутри полосы информационного канала, а часть - вне его полосы. Примером может служить система сигнализации «пользователь-сеть» для обычного телефонного аппарата, в которой вызывной сигнал (сигнал звонка) передается вне полосы информационного сигнала на частоте 50 Гц.

Если канал передачи является *цифровым*, то для передачи сигналов сигнализации может использоваться отдельный цифровой канал, либо цифровой канал системы передачи с объединением времязделенных каналов (ВРК).

При использовании *отдельного цифрового канала* могут использоваться два основных метода сигнализации:

- *сигнализация на речевых символах*, при которой тактовые интервалы (в первую очередь предназначенные для передачи закодированных речевых сигналов) периодически используются для передачи сигналов сигнализации;

- *сигнализация в канальном интервале*, при которой информация сигнализации постоянно передается в тактовом интервале, находящемся в канальном интервале.

При использовании ЦСП в качестве *выделенного канала сигнализации* возможно использование трех методов:

- *сигнализация на речевых символах* для одного канала;

- *сигнализация в канальном интервале* (примером может служить формат внутренней ЦСП станции ИТТ 1240, в которой каждый канал содержит 8 бит служебной информации и 8 бит речевых символов);

- *вынесенная сигнализация*, когда для сигнализации выделяется отдельный канальный интервал с разделением его на подканалы для постоянной передачи сигналов сигнализации отдельных каналов. Пример: ИКМ-30/32, у которой для реализации вынесенной сигнализации предоставляется 16-ый канальный интервал, четыре бита которого в

сверхцикле поочередно предоставляются для передачи сигналов сигнализации каждого речевого канала (см. лекция 1, рисунок 1.2).

## 9 лекция. Система сигнализации ОКС7

Цель лекции: изучение студентами системы сигнализации ОКС7.

Содержание:

- принцип общеканальной сигнализации;
- сеть сигнализации ОКС7;
- стек протоколов ОКС7.

*Принцип общеканальной сигнализации.*

Общеканальная сигнализация 7 (ОКС7) – это такая система сигнализации, при которой информация управлением установлением соединения (сигнализация) для всех разговорных каналов и/или каналов передачи данных передается в виде блоков данных (сигнальных сообщений) по одному общему каналу сигнализации, который может быть организован в любом временном интервале (кроме нулевого) одного из первичных трактов ИКМ, входящих в пучок, соединяющих напрямую две взаимодействующие АТС, рисунок 9.1 [1, 4, 5, 7, 8].

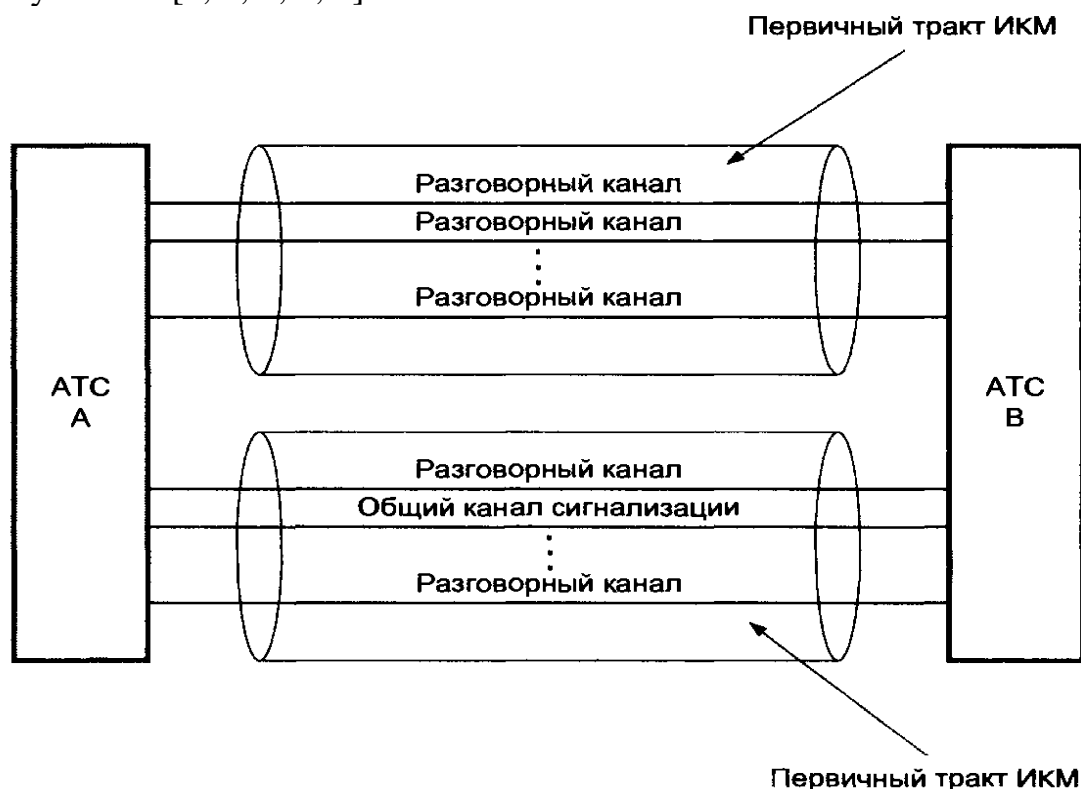


Рисунок 9.1 – Принцип общеканальной сигнализации

Общеканальная сигнализация может рассматриваться как особый тип передачи данных, специализированный для передачи сигнализации и информационного обмена между процессорами узлов связи различного

назначения. Для обеспечения надежности, система ОКС7 обладает функциями обнаружения и коррекции ошибок, вызванных воздействием помех на средства передачи, и автоматической реконфигурации маршрутов в случае отказов сетевых элементов.

Как правило, для повышения надежности в другом ИКМ-тракте пучка, организуется резервный канал для передачи данных ОКС7. Все остальные временные интервалы системы передачи (кроме нулевых) при использовании ОКС7 могут быть задействованы для передачи речи или данных пользователя. Один канал ОКС7 может обслужить около 1000 разговорных каналов.

#### *Сеть сигнализации ОКС7.*

Основные понятия ОКС7 [1, 4, 5, 7, 8]:

- функции источника и приемника сигнальных сообщений обеспечивает *подсистема пользователя (User Part - UP)*;

- *пункт сигнализации SP (Signaling Point)* – любой узел сигнальной сети, реализующий функции обработки сигнальных сообщений ОКС7, то есть узел на котором функционируют подсистема передачи сообщений и подсистемы пользователей;

- пункт сигнализации однозначно определяется своим уникальным кодом (*Signaling Point Code*);

- *звено сигнализации SL (Signaling Link)* – канал передачи данных соединяющий между собой пункты сигнализации;

- несколько параллельных звеньев сигнализации напрямую соединяющих два сигнальных пункта образуют *пучок звеньев сигнализации (Signaling Link Set)*;

- *транзитный пункт сигнализации STP (Signaling Transfer Point)* – пункт сигнализации, осуществляющий только функции маршрутизации сигнальных сообщений между различными звеньями сигнализации и не имеющий подсистем пользователей;

- сигнальная информация передается между пунктами сигнализации в виде сообщений переменной длины, называемых *сигнальными единицами*.

Узел сигнальной сети может совмещать в себе функции пункта сигнализации и транзитного пункта сигнализации.

Сеть сигнализации 7 состоит из *пунктов сигнализации* и связывающих их каналов сигнализации. Пункт сигнализации (ПС), как правило, коммутационная станция, которая взаимодействует со смежными станциями при помощи системы сигнализации №7. Различают оконечные и транзитные ПС. Оконечные ПС, в зависимости от направления передачи сигнального сообщения, могут выступать как исходящие пункты (*Originating Signalling Point - OSP*) и пункты назначения (*Destination Signalling Point - DSP*).

Всемирная сеть сигнализации делится на два независимых уровня – *международный и национальный*. Такая структура позволяет разделить ответственность по управлению сетью сигнализации и составить планы

нумерации пунктов сигнализации международной сети и разных национальных сетей независимо друг от друга.

Два сигнальных пункта имеют *сигнальное отношение* (*Signalling Relation - SR*), если их подсистемы пользователя обладают возможностью обмениваться сигнальными сообщениями. Сигнальное отношение может осуществляться непосредственно между оконечными пунктами сигнализации или через один или несколько транзитных пунктов. Конкретная реализация сигнального отношения в сети определяет *маршрут сигнализации* (*Signalling Rout - SR*). Для одного сигнального отношения можно использовать несколько сигнальных маршрутов через различные транзитные пункты. Эти маршруты для данного сигнального отношения образуют *группу (пучок) маршрутов сигнализации* (*Signalling Rout Set - SRS*).

### Стек протоколов SS7.

Стек протоколов SS7 состоит из четырех уровней (рисунок 9.2). Нижние три уровня объединены под общим названием «подсистема передачи сообщений» (Message Transfer Part, MTP). Три уровня MTP соответствуют трем нижним уровням семиуровневой модели OSI [4, 5, 7, 8]:

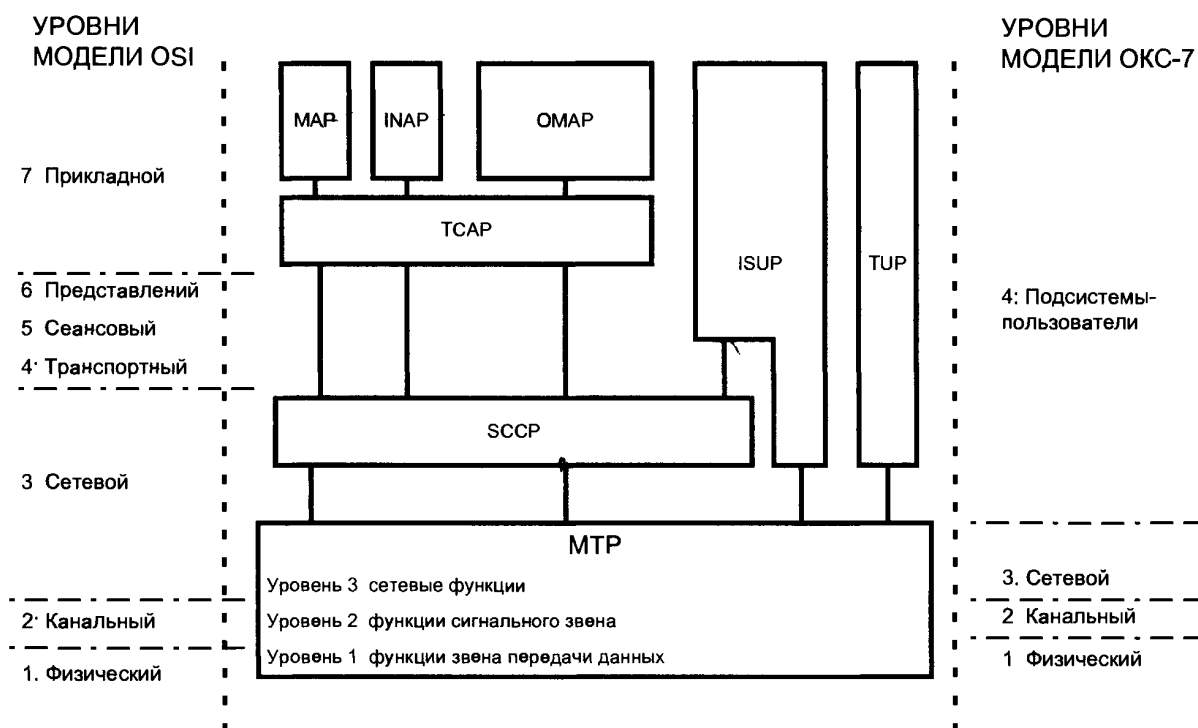


Рисунок 9.2 – Сопоставление уровней модели OSI и уровней модели ОКС7

- уровень 1 функции звена передачи данных;
- уровень 2 функции сигнального звена;
- уровень 3 функции сети сигнализации.

Уровень 1 звена передачи данных сигнализации - подсистемы MTP определяет физические, электрические и функциональные характеристики канала передачи данных для звена сигнализации. Обычно используются



каналы 64 кбит/с тракта ИКМ. Выполнение функций 1-го уровня, определяющих интерфейс со средой передачи, означает независимость функций более высоких уровней (уровни 2-4) от используемой среды передачи.

Уровень 2 сигнального звена - подсистемы МТР определяет функции и процедуры, относящиеся к передаче сигнальных сообщений по звену сигнализации между двумя напрямую связанными пунктами сигнализации. Функции уровня 2 определяют структуру передаваемой информации по каждому звену и процедуры обнаружения и исправления ошибок. Сочетание функций уровней 1 и 2 организует звено сигнализации для передачи сигнальных сообщений.

Уровень 3 сети сигнализации - подсистемы 3 МТР ориентирован на выполнение функций сети сигнализации. Процедуры уровня 3 обеспечивают надежную передачу сигнальной информации от одной АТС к другой даже в случае отказов на уровнях 1 и 2. Уровень 3 обеспечивает управление звеньями сигнализации и включает функции обработки сигнальных сообщений для их маршрутизации в сети сигнализации, а также функции управления самой сетью сигнализации.

Четвертый уровень модели ОКС7 образуют подсистемы-пользователи услугами МТР и/или SССР:

-TUP (Telephone User Part) - подсистема-пользователь, поддерживающая сигнализацию телефонной сети;

-DUP (Data user part) - подсистема-пользователь, поддерживающая сигнализацию сети передачи данных;

-ISUP (ISDN User Part) - подсистема-пользователь, поддерживающая сигнализацию телефонной сети, сети передачи данных и цифровой сети интегрального обслуживания (ISDN);

-TSAP (Transaction capabilities application part) – прикладная подсистема поддержки транзакций;

-B-ISUP (B-ISDN user part) - подсистема-пользователь, поддерживающая сигнализацию широкополосной ISDN (B-ISDN);

-MAP (Mobile application part) – прикладная подсистема-пользователь, поддерживающая сигнализацию сетей подвижной связи стандарта GSM;

-INAP (Intelligent network application part) – прикладная подсистема Интеллектуальной сети;

-OMAP (Operation Maintenance and administration part) – прикладная подсистема эксплуатационного управления;

-SССР (Signaling connection control part) – подсистема управления сигнальными соединениями обеспечивает логические соединения для передачи блоков данных сигнализации, ориентированных на соединение или не ориентированных на соединение.

Подсистем МТР и SССР совместно образуют подсистему сетевых услуг (NSP – network service part). Используя услуги МТР, подсистема SССР обеспечивает сигнализацию в сети ОКС7 виртуальных соединений и может

предоставлять сетевые услуги, как ориентированные на такие соединения, так и не требующие их создания.

ТСАР обеспечивает набор возможностей для обслуживания вызова без установления соединения. Эти возможности можно использовать в одном узле для того, чтобы вызвать выполнение процедуры в другом узле. Пример такого использования - услуга 800, в которой оставшиеся цифры номера после кода 800 преобразовываются централизованной базой данных в физический адрес.

## **10 лекция. Проектирование и техническая эксплуатация цифровых систем коммутации**

Цель лекции: изучение студентами вопросов проектирования и технической эксплуатации ЦСК.

Содержание:

- задачи проектирования цифровых систем коммутации;
- этапы проектирования ЦСК;
- особенности технической эксплуатации ЦСК;
- требования к техническим характеристикам ЦСК.

*Задачи проектирования ЦСК.*

Проектирование ЦСК заключается в решении ряда взаимосвязанных задач [9, 10]:

- составление задания на проектирование, подготовка исходных данных;
- составление структурной схемы ЦСК и схемы организации связи;
- расчет количества оборудования, выбор значений других внутренних параметров ЦСК;
- разработка планов расположения оборудования ЦСК в автозале и других помещениях станции;
- разработка схем кабельных соединений;
- составление схем кроссировок на промежуточных щитах, проектирование баз справочной информации;
- составление спецификаций, смет и пояснительной записки к комплекту проектной документации.

*Этапы проектирования ЦСК.*

Проектирование ЦСК проводится в несколько этапов [9, 10]:

- 1) Разработка структурной схемы проектируемой системы коммутации в соответствии с её назначением, типами абонентского доступа, видами межстанционной сигнализации и др.
- 2) Расчет оборудования абонентских блоков, расположенных на самой станции или удаленных от неё.
- 3) Расчет оборудования блоков соединительных линий с учетом типа межстанционной сигнализации.

4) Определение состава оборудования сигнализации с учетом межстанционной сигнализации и наличия телефонных аппаратов с тональным набором DTMF.

5) Расчет оборудования коммутационного поля с учетом обслуживаемой нагрузки или числа подключаемых линейных блоков.

6) Состав системы управления, как правило, уже известен для каждого типа ЦСК, поэтому при проектировании проверяется производительность управляющего комплекса, исходя из величины возникающей и межстанционной нагрузки.

7) Расчет оборудования ОКС выполняется, исходя из числа направлений, работающих с использованием сигнализации ОКС7 и количества звеньев сигнализации, обслуживающих межстанционную нагрузку этих направлений.

8) Состав и объем оборудования станционных тональных сигналов и тактовых последовательностей заранее определен для каждого типа ЦСК.

9) Размещение рассчитанного объема оборудования по типовым статавам, а также размещение статавов в соответствующих производственных помещениях.

10) Выбор типа и расчет параметров электропитающей установки.

Расчет объема оборудования ЦСК выполняется на основании следующих *исходных данных*:

- название проектируемой ЦСК;
- монтируемая емкость и структурный состав абонентов;
- число линий межстанционных связей и матриц межстанционных нагрузок, позволяющая определить соответствующие межстанционные пучки соединительных линий;
- число линий для связи с АМТС и узлом спецслужб (УСС);
- используемые системы сигнализации в межстанционных направлениях.

*Особенности технической эксплуатации современных цифровых систем коммутации:*

- 1) Оперативно-техническое обслуживание.
- 2) Эксплуатационное обслуживание.
- 3) Административное управление.

Целью оперативно-технического обслуживания является поддержание состояния работоспособности оборудования станции путем непрерывного наблюдения и оценки результатов контроля, а также замена неисправных плат.

К эксплуатационному обслуживанию относятся следующие функции:

- регламентные работы для получения данных, характеризующих работу станции;
- профилактические работы на отдельных узлах оборудования станции;
- программно-производственные проверки;

- внесение изменения в эксплуатацию (перекроссировка, изменение категории абонентов, введение новых видов услуг и т.д.).

В рамках эксплуатации выполняются функции в масштабе сети например: перераспределение каналов, развитие и модернизация станции, замена блоков программного обеспечения (ПО), введение дополнительных видов обслуживания (ДВО) и т.д.

Под административным управлением понимают функции, выполняемые эпизодически и связанные с радикальными изменениями процесса технической эксплуатации, необходимость которых определяется на основе анализа данных о функционировании цифровых систем коммутации с ПУ за длительный период.

Выполнение всех видов систем технической эксплуатации станций с программным управлением обеспечивается с помощью программно-аппаратных средств.

В качестве аппаратных средств широко применяются внешние компьютеры или следующие устройства: пишущие машины; телетайпы; экранные пульта (дисплей); устройства ввода-вывода информации с промежуточных носителей.

В некоторых случаях используют устройства отображения, реализованные в виде специализированных световых табло.

Программное обеспечение системы технической эксплуатации цифровых АТС включает в себя средства, образующие операционную систему и программы, реализующие выполнение отдельных эксплуатационных процедур.

Задачами операционной системы является обеспечение диалога человек-машина и диспетчеризация выполнения всех процедур на основе отображения состояния и функционирования цифровых узлов телекоммуникации.

Действие оператора современных цифровых АТС при обращении к системе с целью реализации какой-либо процедуры заключаются в составлении директивы на дисплее по техобслуживанию.

Большая работа по стандартизации языков Человек-Машина, используемая для современных цифровых систем коммутации проведена Международным Союзом Телекоммуникации (МСТ).

#### *Требования к техническим характеристикам ЦСК.*

При технической эксплуатации ЦСК существуют требования к техническим характеристикам ЦСК [11]:

- преимущественное обслуживание приоритетных вызовов;
- установление соединений на сетях с обходами;
- использование различных систем сигнализации;
- введение оперативного управления;
- введение управления потоками нагрузки;
- возможность вывода данных статистики в центре управления;

– возможность вывода данных для ведения взаиморасчетов.

Используемые цифровые системы коммутации должны обеспечивать:

- время установления соединения при междугородной связи 4 с...17 с;
- потери при установлении соединения от абонента до абонента (без учета занятости вызываемого абонента) при местной связи – 3%, при внутрizonовой связи – 16%, при междугородной связи – 10%;
- коэффициент ошибок при передаче цифровой информации не более  $10^{-6}$ .

Потери не должны превышать:

- при внутрстанционном соединении 0.02;
- при исходящем соединении 0.005;
- при входящем соединении 0.007;
- при входящем междугородном соединении 0.002;
- при соединении к экстренным спецслужбам 0.001.

В нормативно-технических документах: «Инструкция по проектированию линейно-аппаратных цехов ОМС, СУ и УП (РП и «Ведомственные нормы технологического проектирования (ВНТП). Проводные средства связи. Станции городских телефонных сетей», утвержденных приказом Министерства транспорта и коммуникаций Республики Казахстан от 26.02.98 г. №17, приведены нормы потерь для отдельных участков телефонных сетей.

Программное обеспечение цифрового оборудования коммутации должно строиться по модульно-иерархическому принципу.

Цифровые системы коммутации должны содержать подсистему эксплуатации и технического обслуживания, которая позволяет персоналу станции (операторам) взаимодействовать со станцией. Функции эксплуатации должны быть рассчитаны на нормальные условия функционирования коммутационной системы. Эти функции должны обеспечивать: учет стоимости; маршрутизацию; измерение нагрузки и качества функционирования; функционирование периферийных устройств; управление станций.

Оборудование коммутации должно обеспечивать работу станции в синхронной цифровой сети, в которой используется способ принудительной иерархической синхронизации.

Оборудование коммутации должно иметь следующие устройства синхронизации:

- синхронизация через входящее соединение ИКМ;
- синхронизация от внешнего эталонного сигнала.

Оборудование коммутации, применяемое на высшем уровне сети, должно содержать ПЭГ, соответствующие требованиям Рекомендаций G.811, G.703 МСЭ-Т.

Применяемое на ЕСТ РК коммутационное оборудование должно быть оборудовано программным обеспечением для учета трафика разговоров

(соединений) (биллинговой системой расчетов стоимости разговоров). Общие требования к оборудованию учета стоимости разговоров (соединений) приведены в нормативном документе «Общие технические требования к аппаратуре повременного учета стоимости местных телефонных разговоров для электромеханических АТС городских и сельских телефонных сетей Республики Казахстан».

Оборудование коммутации должно обеспечивать показатели качества в соответствии с Рекомендациями МСЭ-Т Q.514 и Q.504.

## **11 лекция. Цифровые системы коммутации**

Цель лекции: изучение студентами цифровой системы коммутации типа SI2000.

Содержание:

- характеристика цифровой системы коммутации типа SI2000;
- структура системы, состав оборудования;
- назначение функциональных узлов, технические характеристики.

SI2000 - это цифровая телекоммуникационная система с функциями ОКС-7 и ЦСИС, обеспечивающая предоставление телекоммуникационных услуг для аналоговых абонентов и абонентов ЦСИС, а также реализацию функций управления и технического обслуживания [12, 3, 10].

Система SI2000 характеризуется следующими свойствами:

- модульное построение аппаратного и программного обеспечения;
- цифровая коммутация для передачи разговора, данных, сигналов управления, акустических и речевых сигналов;
- совместимость с существующими цифровыми и аналоговыми телефонными станциями;
- единые конструктивно-технологические решения, единая элементная база и материалы для всех средств коммутационной техники;
- единая система технической эксплуатации с использованием центров технической эксплуатации (ЦТЭ);
- полное соответствие стандартам и рекомендациям международных регулирующих органов (ITU-T, ETSI, ECMA) и спецификациям для национальной сети Республики Казахстан.

Система SI2000 обеспечивает построение коммутационного оборудования в следующих границах:

- до 40000 абонентских линий (В-каналов);
- до 7200 цифровых или аналоговых соединительных линий;
- до 240 цифровых потоков 2048 кбит/с (G.703);
- до 120 сигнальных каналов системы сигнализации ОКС-7.

*Структура системы коммутации SI2000.*

В соответствии с рекомендацией ITU-T Q.512, система SI2000

функционально разделена на узел коммутации (*Switch Node*) и периферийные узлы доступа (*Access Node*). Для управления всеми узлами системы разработан универсальный узел управления (*Management Node*).

*Узел коммутации* – *SN*, предназначен для коммутации соединительных линий и управления телекоммуникационными услугами узлов доступа, а так же выполнения части функций управления и технического обслуживания. Системное и прикладное программное обеспечение узла коммутации выполняется в реальном режиме времени и обеспечивает предоставление телекоммуникационных услуг, а так же выполнение функций управления, генерации статистической и тарифной информации, технического обслуживания и мониторинга аварийных ситуаций, функций *COPM*. Используется в качестве групповой ступени коммутации. Может быть использован как при формировании городской АТС средней емкости (до 40000 портов), так и как самостоятельный транзитный узел. Аппаратно узел представлен модулем *MCA*.

Аналоговые и ЦСИС абоненты подключаются к узлу коммутации только через узлы доступа. Для подключения аналоговых абонентов возможно использование аналоговых абонентских концентраторов типа *АХМ*. Для подключения узлов доступа, в соответствии с рекомендациями *ITU-T Q.512*, стандартами *ETSI* и спецификациями для национальной сети России, разработан интерфейс *V5.2*. Для подключения аналоговых абонентских концентраторов реализован интерфейс *ASMI*. В состав интерфейса *V5.2* могут входить от 1 до 16 потоков *E1*. Необходимое количество потоков в интерфейсе *V5.2* выбирается исходя из количества подключенных абонентских линий к данному узлу доступа (*PRA* и *BRA*) и средней суммарной нагрузки на абонентскую линию.

Для обеспечения включения системы *SI2000* в телефонную сеть общего пользования реализованы следующие сетевые интерфейсы:

- цифровой сетевой интерфейс с сигнализацией *ОКС-7* (подсистемами *MTP*, *ISUP* и *SCCP*). Соответствует Рекомендациям *ITU-T* и спецификациям для национальной сети России;

- цифровые сетевые интерфейсы с процедурой *АОН* и сигнализациями по одному или двум выделенным сигнальным каналам (городские и сельские универсальные) с передачей сигналов управления декадным кодом (*СЛ*, *СЛМ*, *ЗСЛ* линии), методом *МЧК-челнок* (*СЛ*, *СЛМ* линии) или импульсный пакет (*ЗСЛ* линии). Соответствуют спецификациям для национальной сети России.

Дополнительно узел коммутации имеет следующие интерфейсы:

- интерфейс для подключения узла управления;
- интерфейс типа *ETHERNET* - для локального подключения узла управления;
- интерфейс для подключения удаленных узлов управления посредством организации *PPP*-канала в потоке *2Мбит/с*;
- интерфейс для подключения пульта управления *COPM*.

Для обеспечения более надежной работы узел коммутации имеет две равнозначные управляющие группы. При включении системы одна из управляющих групп становится в активное или рабочее состояние, а вторая в состоянии холодного резерва. При отказе активной управляющей группы происходит автоматическое включение резервной управляющей группы в работу.

Для подключения потоков E1 используются съемные блоки ТРС. Каждый такой блок имеет 16 портов для подключения потоков E1. Максимально в узле коммутации могут быть задействованы 16 блоков ТРС. Из них 15 блоков могут находиться в работе, а один будет всегда в состоянии холодного резерва. При отказе любой ТРС произойдет автоматическое включение в работу резервного блока.

К одному узлу коммутации могут быть подключены до 240 потоков E1.

*Узел доступа – AN*, предназначен для подключения к узлу коммутации и далее к сети аналоговых и ЦСИС абонентских устройств, а так же учреждений АТС посредством первичного (PRA) или базового (BRA) доступа ЦСИС. Аппаратно реализован модулем MLC.

Для подключения абонентских линий разработаны три типа периферийных съемных блоков:

- периферийный съемный блок для подключения 32 аналоговых абонентов. Оборудован 32 Z-интерфейсами;
- периферийный съемный блок для подключения 16 абонентов ЦСИС. Оборудован 16 интерфейсами  $U_{k0}$ ;
- периферийный съемный блок для подключения 16 абонентов ЦСИС. Оборудован 16 интерфейсами  $S_0$ .

В один модуль могут быть установлены до 22 периферийных съемных блоков. Следовательно, к одному узлу доступа могут быть подключены до 352 ЦСИС-абонентов или до 704 аналоговых абонентов, а так же их различные комбинации.

В соответствии с рекомендацией ITU-T Q.512 имеется возможность подключения к узлу доступа абонентских устройств ЦСИС посредством первичного доступа (PRA) с использованием сигнализации DSS1. В качестве абонентского устройства, в данном случае, может рассматриваться УПАТС с функциями ЦСИС, сервер удаленного доступа к Internet или любое устройство, удовлетворяющее стандартам EuroISDN.

Подключение к узлу коммутации производится посредством интерфейса V5.2 (Соответствует Рекомендациям ITU-T Q.512, стандартам ETSI и спецификациям для национальной сети России). Один интерфейс может содержать в себе от 1 до 12 (для данной реализации узла доступа) потоков E1. Необходимое количество потоков в интерфейсе V5.2 выбирается, исходя из количества подключенных абонентских линий (PRA и BRA) и прогнозируемой нагрузки на каждую абонентскую линию. Например, при подключении к узлу доступа только 640 аналоговых абонентов со средней



суммарной телефонной нагрузкой на одну абонентскую линию 0.1 Эрл, необходимо использование 3 потоков Е1 в составе интерфейса V5.2.

К одному узлу доступа максимально можно подключить 12 потоков Е1.

*Комбинированный узел коммутации и доступа – SAN*, представляет собой полнофункциональную телекоммуникационную систему малой ёмкости с функциями ОКС-7 и ЦСИС. Одновременно выполняет функции узла коммутации и доступа. Реализованы все типы цифровых и аналоговых интерфейсов, указанных при описании узла коммутации и узла доступа. Может применяться в качестве сельской оконечной или узловой АТС, в качестве УПАТС или подстанции на городской телекоммуникационной сети. Аппаратно реализован модулем MLC.

В один модуль могут быть установлены до 22 различных периферийных съемных блоков. Следовательно, к одному комбинированному узлу коммутации и доступа могут быть подключены до 352 ЦСИС - абонентов или до 704 аналоговых абонентов, а так же их различные комбинации.

Для расширения абонентской емкости к комбинированному узлу коммутации и доступа, посредством интерфейсов V5.2 или ASMI, могут быть подключены до 4 стандартных узлов доступа или аналоговых абонентских концентраторов (рисунок 3). Однако, для обеспечения требований по необходимой суммарной нагрузке на одну абонентскую линию, не рекомендуется подключать более двух узлов доступа полной конфигурации.

Для подключения аналоговых соединительных линий разработан специальный типовой элемент замены, оборудованный 8 интерфейсами типа С11 для внутрисетевых систем сигнализаций.

К одному комбинированному узлу коммутации и доступа максимально можно подключить 12 потоков Е1 (интерфейсы V5.2, ASMI, или межстанционное соединение).

*Узел управления – MN*, предназначен для централизованного контроля и управления узлами коммутации, узлами доступа, комбинированными узлами коммутации и доступа, системой бесперебойного электропитания MPS. Аппаратно реализован на базе одного или нескольких персональных компьютеров с операционной системой Microsoft Windows NT, объединенных в локальную сеть. К контролируемым узлам подключается посредством сети TCP/IP.

Состоит из одного или нескольких рабочих мест, каждое из которых может быть использовано для решения следующих задач:

- надзор и административное управление;
- диагностика и техническое обслуживание;
- сбор, обработка и хранение статистической и тарифной информации.

В узле управления находится центральная база данных. С помощью прикладных программ в узле управления можно изменять данные, хранящиеся в центральной базе данных. Системное программное обеспечение в узле управления и в коммуникационном узле выполняет согласование

данных, хранящихся в центральной базе данных и локальных базах данных коммуникационных узлов.

Узел управления подключается к контролируемым узлам посредством сети TCP/IP (физический уровень - Ethernet). Для подключения к удаленным коммуникационным узлами в одном из каналов потока E1 (интерфейс V5.2 или межстанционное соединение) вместо разговорного канала создается канал управления работающий на скорости 64 кбит/с по PPP - протоколу.

*Система бесперебойного электропитания – MPS* предназначена для бесперебойного питания телекоммуникационного оборудования постоянным напряжением 48 В или 60 В. При наличии сетевого напряжения обеспечивает электропитание потребителей и аккумуляторных батарей, а при исчезновении сетевого напряжения обеспечивает питание потребителей от батарей.

## Список литературы

- 1 Баркун М.А., Ходасевич О.Р. Цифровые системы синхронной коммутации.- М.: Эко-Трендз, 2001.
- 2 Сети связи и системы коммутации: Учебное пособие / Е.В. Букрина. - Екатеринбург: УрТИСИ ГОУ ВПО «СибГУТИ», 2007. – 186 с.
- 3 Б.С. Гольдштейн, Н.А. Соколов, Г.Г. Яновский. Сети связи: Учебник для ВУЗов. – СПб., БХВ-Петербург, 2010. – 400 с.
- 4 Гольдштейн Б.С. Системы коммутации. – СПб.: Радио и связь, 2004.
- 5 Шувалов В.П. Телекоммуникационные системы и сети. Т.1 Современные технологии. - М.: Радио и связь, 2005.
- 6 Ершова Э.Б., Ершов В.А. Цифровые системы распределения информации – М.: Радио и связь, 2000.
- 7 Гольдштейн Б.С. Сигнализация в сетях связи – М.: Радио и связь, 2001.
- 8 Б.С. Гольдштейн, И.М. Ерхиль, Р.Д. Рерле. Стек протоколов ОКС7. Подсистема МТР. Справочник. – М.: Радио и связь, 2003.
- 9 Игнатъев В.О. Методы проектирования современных цифровых систем коммутации: Учеб. пособие. – СПб.: ЭИС, 2000.
- 10 В.Г. Карташевский. Цифровые системы коммутации для ГТС/ под ред. В.Г. Карташевского и А.В. Рослякова. – М.: Эко-Трендз, 2008.
- 11 Руководящий документ единой сети телекоммуникаций Республики Казахстан. Книга 1. Общие положения и концептуальные основы развития ЕСТ РК. – Астана. 2003.
- 12 Докучаев В.А. и др. Основы построения АТСЭ типа SI 2000. - М.: Радио и связь, 2000.

## Содержание

Введение.....	3
1 лекция. Системы и сети связи и их классификация.....	4
2 лекция. Сети связи.....	9
3 лекция. Принципы коммутации.....	13
4 лекция. Принципы цифровой коммутации.....	17
5 лекция. Цифровые коммутационные поля 1, 2, 3, 4, 5-го класса.....	21
6 лекция. Построение абонентского интерфейса в цифровых системах коммутации.....	25
7 лекция. Сетевые интерфейсы цифровых АТС.....	29
8 лекция. Сигнализация в цифровых системах коммутации.....	33
9 лекция. Система сигнализации ОКС7.....	38
10 лекция. Проектирование и техническая эксплуатация цифровых систем коммутации.....	42
11 лекция. Цифровые системы коммутации.....	46
Список литературы.....	51

Гулмира Кожобаевна Булешова  
Альмира Далелхановна Мухамеджанова  
Юлия Михайловна Гармашова

## СЕТИ СВЯЗИ И СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ

Конспект лекций для студентов специальности  
5В071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Редактор М.Н. Голева  
Специалист по стандартизации Н.К. Молдабекова

Подписано в печать  
Тираж 20 экз.  
Объём 3,4 уч.-изд.л.

Формат 60x84 1/16  
Бумага типографская №1  
Заказ \_\_\_ Цена 1700 тенге

Копировально-множительное бюро  
некоммерческого акционерного общества  
"Алматинский университет энергетики и связи"  
050013, Алматы, Байтурсынова, 126