

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Глава 1. Мультиплексирование цифровых сигналов	7
1.1. Классификация систем передачи и методов коммутации	7
1.2. Аналоговый, дискретный, цифровой сигналы.....	9
1.3. Импульсно-кодовая модуляция	12
1.4. Разделение и объединение цифровых сигналов	15
1.5. Плезеохронные цифровые системы передачи.....	17
Глава 2. Принципы синхронной цифровой коммутации	21
2.1. Координаты коммутации.....	21
2.2. Степень временной коммутации	23
2.3. Степень пространственной коммутации.....	29
2.4. Степень пространственно-временной коммутации	33
2.5. Кольцевые соединители	41
Глава 3. Цифровые коммутационные поля	45
3.1. Принципы построения цифровых коммутационных полей	45
3.2. Классификация цифровых КП	48
3.3. Цифровые КП первого класса.....	49
3.4. Цифровые КП второго класса	50
3.5. Цифровые КП третьего класса.....	56
3.6. Цифровые КП четвертого класса.....	58
3.7. Кольцевые цифровые КП	63
3.8. Особенности функционирования и сравнительные характеристики цифровых КП.....	69
Глава 4. Стыки цифровых АТС	76
4.1. Понятие стыка цифровых АТС	76
4.2. Аналоговый абонентский стык	77
4.3. Цифровой абонентский стык.....	85
4.4. Абонентский стык ISDN.....	89
4.5. Сетевые стыки цифровых АТС.....	91
Глава 5. Концентрация абонентской нагрузки	97
5.1. Принципы построения и функционирования концентраторов	97
5.2. Особенности использования концентраторов	104

Глава 6. Современные цифровые АТС	108
6.1. Коммутационная система EWSD.....	108
6.2. Коммутационная система Alcatel 1000 S12	120
6.3. Коммутационная система AXE-10.....	131
6.4. Коммутационная система SI-2000	142
6.5. Коммутационная система F50/1000.....	152
6.6. Цифровые учрежденческие АТС	158
Глава 7. Синхронизация и сигнализация в цифровых АТС	167
7.1. Принципы сигнализации в цифровых АТС	167
7.2. Принципы синхронизации в цифровых АТС	173
Приложение 1	176
Приложение 2	179
Список сокращений	185
Литература.....	187

ВВЕДЕНИЕ

При построении сети связи вопросы коммутации сигналов всегда занимали одно из центральных мест. Если при этом процессы коммутации характеризуются жесткими (строгими) временными соотношениями, в смысле взаимодействия с окружающей телекоммуникационной средой, то такая коммутация считается синхронной.

Самой распространенной системой синхронной коммутации в настоящее время являются цифровые автоматические телефонные станции (АТС).

Появление цифровых АТС было обусловлено несколькими событиями в мире науки и техники XX века.

Первым этапным событием стало изобретение в середине 40-х годов транзистора, что явилось началом новой эры в электронике – эры полупроводниковых приборов. Стремительное развитие последних привело к созданию в 60-х годах интегральных микросхем. В настоящее время построение цифровых АТС без интегральных микросхем практически невозможно.

Далее, в конце 40-х годов в нескольких странах практически одновременно была изобретена и построена электронная вычислительная машина (ЭВМ). Уже в 1955 году (по другим данным – в 1956 г.) была запатентована схема управления автоматической телефонной станцией с помощью ЭВМ. Так была оформлена идея управления по записанной программе.

Параллельно с развитием вычислительной техники развивалась теория и практика программирования. Современная цифровая АТС – пример использования программного обеспечения внушительных размеров (несколько миллионов машинных команд) и достаточно высокой степени сложности.

В то же время (начало 50-х годов) интенсивно разрабатывались цифровые методы передачи сигналов в сетях связи общего пользования. В Северной Америке и Японии были разработаны 24-канальные, а в Европе – 32-канальные цифровые системы передачи. Специалисты связи быстро осознали преимущества цифрового представления сигналов при их передаче и обработке. Стремление создать единый цифровой тракт «передача – коммутация» привело к разработке цифровых коммутационных полей АТС.

В 60-х годах в лабораториях нескольких стран были построены и испытаны прототипы современных цифровых АТС. Поворотным пунктом стал 1970 год, когда во Франции на сети общего пользования была установлена первая транзитная цифровая АТС. В 70-х и первой половине 80-х годов о создании собственных цифровых АТС объявили все основные производители оборудования связи.

Начало 80-х годов можно также назвать началом современной революции в связи – на базе цифровых систем передачи и цифровых АТС во многих странах началось создание цифровых интегральных сетей связи.

Реализация всех этих идей на новой элементной базе (БИС и СБИС) привело к созданию современных цифровых АТС очень большой емкости: 200000 – 500000 абонентов.

Благодаря широкому внедрению цифровых АТС заметно снизились трудовые затраты на изготовление электронного коммутационного оборудования за счет автоматизации процесса их изготовления и настройки, уменьшились габаритные размеры и повысилась надежность оборудования за счет использования элементной базы высокого уровня интеграции. Также уменьшились объемы работ при монтаже и настройке электронного оборудования в объектах связи, существенно сократился штат обслуживающего персонала за счет полной автоматизации контроля функционирования оборудования и создания необслуживаемых станций. Значительно уменьшились металлоемкость конструкции станций, сократились площади, необходимые для установки цифрового коммутационного оборудования, а также повысилось качество передачи и коммутации. Были введены вспомогательные и до-

полнительные виды обслуживания абонентов. С внедрением цифровых АТС стало возможным создание на их базе интегрированных сетей связи, которые могли бы позволить обеспечить внедрение различных видов и служб электросвязи на единой методологической и технической основе.

Использование мощных микропроцессоров широкого применения позволяет применять последние достижения микропроцессорной технологии. Одни и те же функциональные блоки применяются для построения станций различного размера и назначения, что приводит к малому количеству типов печатных плат. Это в свою очередь упрощает обслуживание оборудования и сокращает объемы запасных частей. Благодаря этому, достигается высокая экономическая эффективность в диапазоне от очень малых до очень больших станций. Если необходимо увеличить емкость цифровой станции или ее трафик, достаточно добавить ограниченное количество компонентов.

Принципы модульности используются и в архитектуре программного обеспечения цифровых АТС. Модули, в основном, представляют собой компоуемые блоки для проектирования систем, компоновки, тестирования. Они определяются независимо от их физического размещения. Связь между модулями осуществляется с помощью сообщений внутреннего обмена. Операционная система обеспечивает передачу сообщений по их назначению. Данные хранятся и обрабатываются в станционной базе данных. При этом логическое построение данных и их использование модулями не зависит от физического размещения данных. Функцией системы управления базой данных является правильное размещение элементов данных, наиболее эффективный доступ к ним и обеспечение высокой степени надежности. Такой уровень модульности программного обеспечения открывает соответствующий уровень гибкости, необходимый для обеспечения адаптации к быстро меняющейся коммуникационной среде сегодняшнего дня.

С другой стороны, в течение определенного времени цифровые коммутационные системы еще будут работать в телефонных сетях совместно с аналоговыми станциями, аналоговыми системами передачи и другим аналоговым оборудованием. Поэтому вопросы развития сети и стыков между станциями разных поколений тоже являются актуальной задачей.

Таким образом проблема построения, развития и функционирования цифровых АТС на сети связи включает в себя целый комплекс вопросов:

- построение коммутационного поля;
- программное обеспечение;
- алгоритмы управления цифровой АТС;
- взаимодействие с другим оборудованием сети и т.д.

Изложить эти вопросы подробно в одной работе просто невозможно, поэтому данная книга посвящена, главным образом, рассмотрению принципов синхронной цифровой коммутации, а также принципам построения и функционирования современных цифровых АТС.

Глава 1

Мультиплексирование цифровых сигналов

1.1. Классификация систем передачи и методов коммутации

До недавнего времени в телекоммуникациях существовало четкое разделение на системы коммутации и системы передачи. Однако сейчас, с развитием и повсеместным внедрением цифровой техники, наблюдается взаимопроникновение этих областей телекоммуникаций, что приводит к необходимости рассматривать передачу и коммутацию сигналов в системах электросвязи совместно. Для системного изложения последующего материала, введем некоторые определения.

Системой электросвязи будем называть совокупность технических средств, обеспечивающую образование линейного тракта и каналов передачи. 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).

Линейный тракт системы передачи включает совокупность технических средств, обеспечивающих передачу сигналов: 1) в пределах системы передачи; 2) в полосе частот; 3) со скоростью, определяемой номинальным числом каналов данной системы передачи.

Каналом передачи будем называть средство односторонней передачи сигналов. Несколько однонаправленных каналов могут использовать общий путь передачи, как в системах с объединением разделенных по частоте или по времени каналов, где каждому каналу выделяется отдельная полоса частот или отдельный временной интервал.

Часто каналы объединяются в *пучки каналов* – совокупность каналов, технически выполненные как единица направления обмена между частями системы электросвязи.

В свою очередь, пучки каналов могут подразделяться на *подпучки* – определенное количество каналов с близкими характеристиками (например, типом сигнализации, типом пути и др.).

Линией передачи телефонной сети называется совокупность цепей, линейных трактов однотипных или разнотипных систем передачи, имеющих общую среду распространения, а также линейных сооружений и устройств их обслуживания. Линия передачи может содержать один или несколько каналов.

В настоящее время в связи используются *типовые каналы передачи*, параметры которых нормализованы. Например, в телефонии: канал тональной частоты с эффективно передаваемой полосой частот 300...3400 Гц и цифровой канал со скоростью передачи 64 Кбит/с.

Задачей *системы коммутации* является создание требуемого пути (в телекоммуникациях – информационного тракта) между двумя любыми оконечными устройствами. *Коммута-*

цией называется установление по заявке индивидуального соединения заданного входа системы с заданным ее выходом на время, необходимое для передачи информации между ними.

В зависимости от формы представления передаваемой через систему информации различают коммутацию цифровую и аналоговую. *Цифровой коммутацией* называется процесс, при котором соединения между вводом и выводом системы устанавливаются с помощью операций над цифровым сигналом без преобразования его в аналоговый сигнал.

ГОСТ 22670-77 вводит понятия однокоординатной и многокоординатной коммутации цифрового сигнала. *Однокоординатной* называется коммутация, при которой соединительные пути в системе отделены друг от друга по одному разделительному признаку (под *разделительным признаком* понимается параметр, по которому в системе происходит разделение соединительных путей между вводом и выводом системы). Если для осуществления коммутации используется две и более координаты, то говорят о *многокоординатной коммутации*.

Существует два принципа коммутации – с переключением трактов (коммутация каналов) и с запоминанием информации (коммутация с запоминанием). Коммутация каналов применяется в основном на сетях, к которым предъявляются два основных требования: время на установление соединения должно быть значительно меньше времени сеанса связи, и, кроме того, задержки информации при передаче должны быть минимальны. Обычно это сети, где необходимо обеспечить диалоговую работу. При этом способе соединительный путь между вводом и выводом системы предоставляется на время, необходимое для передачи всей информации. Коммутация каналов может быть реализована в *системах с объединением частотно-разделенных каналов (ЧРК), системах с объединением время-разделенных каналов (ВРК)* и др. (рис. 1.1). В системах передачи с объединением ЧРК для передачи сигналов по каждому каналу в диапазоне частот линейного тракта отводится определенная полоса частот.



Рис. 1.1. Виды коммутации

Чаще всего системы с объединением ЧРК передают аналоговые сигналы, поэтому иногда их называют *аналоговыми системами передачи*. В системе передачи с объединением ВРК для передачи сигнала по каждому каналу в линейном тракте отводится определенный интервал времени. Если в эти интервалы времени по каждому каналу передаются цифровые

сигналы, то такие системы передачи с ВРК называются *цифровыми системами передачи*. Как правило, в таких системах применяется синхронное мультиплексирование.

Коммутация с запоминанием основана на передаче информации, заранее записанной в память узла коммутации. При этом данные могут быть преобразованы (изменена скорость передачи, изменен код, добавлена или удалена служебная информация). Коммутация с запоминанием применяется, как правило, на цифровых сетях и подразделяется на коммутацию сообщений и коммутацию пакетов. В первом случае сообщение передается целиком, согласно адресной части, помещаемой в заголовке сообщения. При коммутации пакетов сообщение разбивают на части определенной длины – пакеты, с целью минимизировать очереди в узлах коммутации и время обработки информации. Каждый пакет при этом получает свой заголовок. Сети с коммутацией пакетов (сети X.25, Frame Relay, АТМ) значительно превосходят сети с коммутацией сообщений в скорости, что позволяет использовать их в настоящее время не только для служб передачи данных, но и служб, работающих в интерактивном режиме. В системах коммутации с запоминанием применяется, как правило, асинхронное (статистическое) мультиплексирование, позволяющее в любой момент времени предоставить абоненту требуемую полосу пропускания цифрового тракта (при условии ее наличия).

Весь последующий материал (кроме особо оговоренных случаев) излагается для систем коммутации каналов.

1.2. Аналоговый, дискретный, цифровой сигналы

В системах электросвязи информация передается с помощью сигналов. Международный союз электросвязи дает следующее определение *сигнала*:

Сигналом систем электросвязи называется совокупность электромагнитных волн, которая распространяется по одностороннему каналу передачи и предназначена для воздействия на приемное устройство.

Из множества возможных физических параметров сигнала (например, амплитуда, фаза, частота колебания электромагнитной волны и т.д.) для отображения изменения передаваемого сообщения используется один или несколько параметров этого сигнала. Эти параметры называются *представляющими*.

Характер изменения представляющих параметров сигнала во времени позволяют ввести следующие *математические модели сигнала*:

1) *аналоговый сигнал* – сигнал у которого каждый представляющий параметр задается функцией непрерывного времени с непрерывным множеством возможных значений (рис. 1.2, а). Аналоговые сигналы очень широко применяются в телекоммуникациях. В телефонных сетях, например, это первичные сигналы, действующие в оконечных устройствах;

2) *дискретный по уровню сигнал* – сигнал, у которого значения представляющих параметров задается функцией непрерывного времени с конечным множеством возможных значений (рис. 1.2, б). Процесс дискретизации сигнала по уровню носит название *квантования*;

3) *дискретный по времени сигнал* – сигнал, у которого каждый представляющий параметр задается функцией дискретного времени с непрерывным множеством возможных значений (рис. 1.2, в). В аналого-цифровом преобразовании такие сигналы используются при формировании отсчетов аналогового сигнала и, в этом случае, для краткости называются *дискретными сигналами*;

4) *цифровой сигнал* – сигнал, у которого значения представляющих параметров задается функцией дискретного времени с конечным множеством возможных значений (рис. 1.2, г).

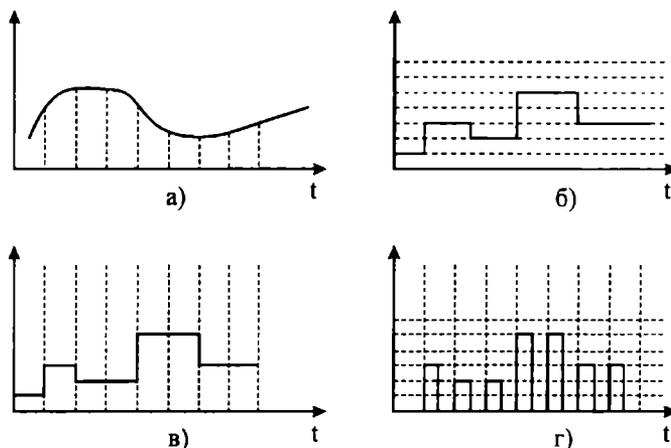


Рис. 1.2. Аналоговый (а), дискретный по уровню (б), дискретный по времени (в), дискретный по уровню и времени (г) сигналы

Элементы структуры сети, которые используются для операций с аналоговыми (дискретными, цифровыми) сигналами, носят соответствующие названия:

- аналоговый (дискретный, цифровой) канал,
- аналоговое (дискретное, цифровое) устройство и т.д.

Цифровой сигнал называется *n*-ичным цифровым сигналом, если он имеет *n* возможных состояний представляющего параметра, каждое из которых соответствует различным сообщениям. При $n = 2, 3, 4, \dots, 10$ цифровой сигнал приобретает название: двоичный, троичный, четверичный, ..., десятичный цифровой сигнал.

Точная передача значений цифрового сигнала, заданного в виде значений амплитуды или точного значения изменения фазы, невозможна даже теоретически, так как требуемый для точной передачи значений сигнала канал должен иметь бесконечную полосу пропускания и линейные частотные характеристики в этом диапазоне частот. Поэтому разработчиками цифровых систем передачи был предложен другой подход: задача точной передачи значения сигнала была сведена к задаче *распознавания образа*.

Кратко рассмотрим суть этого метода на примере использования прямоугольных импульсов электрического сигнала в качестве представляющего параметра двоичного цифрового сигнала.

Прежде всего, было принято, что наличие прямоугольного импульса определенной амплитуды в канале означает передачу значения «1», а отсутствие прямоугольного сигнала означает «0» (рис. 1.3). Формирование идеального прямоугольного импульса и его передача по реальному каналу связи без искажений невозможны. Поэтому было решено, что реальный импульс электрического сигнала будет распознан как «1», если он попадет внутрь специально разработанного шаблона. Например, шаблон импульса для интерфейса 64 Кбит/с показан на рис. 1.4. Тем самым приемное устройство канала должно ответить на вопрос: принять импульс или нет, сравнивая его с шаблоном.

Если рассматривать двоичные сигналы и брать в качестве представляющих параметров отвлеченные значения «0» и «1», то внутри системы электросвязи двоичные цифровые сигналы могут передаваться, храниться и обрабатываться с использованием самых различных форм представления этих значений.

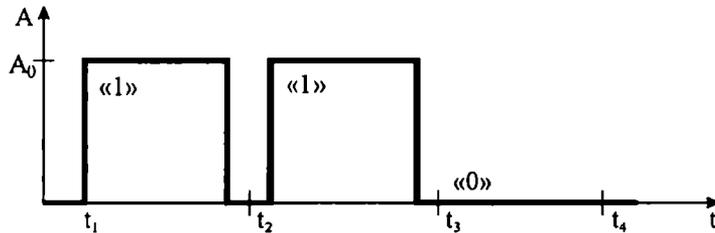


Рис. 1.3. Сигнал с прямоугольным представляющим параметром (передается значение 110)

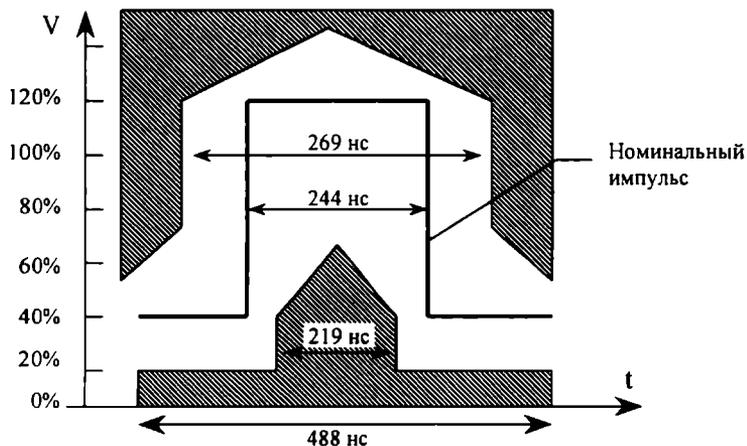


Рис. 1.4. Шаблон импульса (Рекомендация G.703 МККТТ)

В определении цифровой коммутации ничего не говорится об операциях над цифровым сигналом, т.е. не вводятся ограничения на такие операции. Единственным условием является сохранение при коммутации цифровой формы сигнала, однако, при этом используемая форма представляющего параметра не оговаривается.

В большинстве случаев первичные сигналы систем электросвязи не приспособлены для непосредственной передачи по линиям, для чего они в общем случае подвергаются модуляции. *Модуляция* – это преобразование одного сигнала в другой путем изменения параметров сигнала-переносчика в соответствии с преобразуемым сигналом. В качестве сигнала-переносчика используют гармонические сигналы, периодические последовательности импульсов и т.д.

В других случаях вместо модуляции используют другие специальные преобразования. Например, при передаче по линии цифрового сигнала двоичным кодом может появиться постоянная составляющая сигнала за счет преобладания единиц во всех кодовых словах. Отсутствие же постоянной составляющей в линии позволяет использовать согласующие трансформаторы в линейных устройствах, а также обеспечить дистанционное питание регенераторов постоянным током. Чтобы избавиться от нежелательной постоянной составляющей цифрового сигнала, перед посылкой в линию двоичные сигналы преобразуются с помощью специальных кодов. Для первичной цифровой системы передачи (ЦСП) принят код HDB3.

Кодирование двоичного сигнала в модифицированный квазитроичный сигнал с использованием кода HDB3 производится по следующим правилам (рис. 1.5).

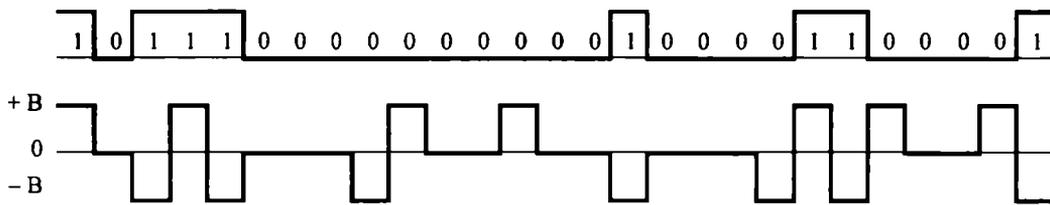


Рис. 1.5. Двоичный и соответствующий ему HDB3 коды

1. Сигнал кода является квазитроичным. Три состояния его обозначаются как $+V$, $-V$ и 0 .
 2. Пробелы (нули) двоичного сигнала кодируются в сигнале кода пробелами (нулями). Однако для последовательности из 4 пробелов применяются специальные правила (см. п.4).

3. Импульсы (единицы) двоичного сигнала кодируются в сигнале кода попеременно как $+V$ и $-V$ (чередование полярности импульсов). При кодировании последовательности из 4-х пробелов вводятся нарушения в правила чередования полярности импульсов (см. п.4).

4. Последовательность из 4-х пробелов в двоичном сигнале кодируется следующим образом:

а) первый пробел этой последовательности кодируется как пробел, если предыдущий импульс сигнала кода имеет полярность, противоположную полярности предшествующего нарушения чередования полярностей, и сам импульс не является нарушением чередования полярностей, и как импульс (т.е. $+V$ или $-V$), если предшествующий импульс сигнала кода имеет такую же полярность, как предшествующее нарушение чередования полярностей, или сам этот импульс является нарушением чередования полярностей. Это правило обеспечивает попеременную инверсию следующих друг за другом нарушений чередования полярностей, с тем чтобы не вводить постоянную составляющую;

б) второй и третий пробелы всегда кодируются пробелами;

в) последний из 4-х пробелов всегда кодируется, как импульс, полярность которого такова, что она нарушает правило чередования полярностей.

1.3. Импульсно-кодовая модуляция

Преобразование непрерывного первичного аналогового сигнала в цифровой код называется *импульсно-кодовой модуляцией* (ИКМ). 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, или, другими словами, при котором из непрерывного аналогового сигнала $s(t)$ (рис. 1.6, а) получают выборочные значения s_n (рис. 1.6, б). Значения представляющего параметра сигнала, полученные в результате операции дискретизации по времени, называются отсчетами.

Наибольшее распространение получили цифровые системы передачи, в которых применяется равномерная дискретизация аналогового сигнала (отсчеты этого сигнала производятся через одинаковые интервалы времени). При равномерной дискретизации используются понятия: *интервал дискретизации* Δt (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.

Согласно теореме Котельникова, аналоговый сигнал с ограниченным спектром и бесконечным интервалом наблюдения можно без ошибок восстановить из дискретного сигнала, полученного дискретизацией исходного аналогового сигнала, если частота дискретизации в два раза больше максимальной частоты спектра аналогового сигнала:

$$F_0 > 2F_{max}.$$

Технически дискретизация по времени производится стробированием сигнала $c(t)$ ключевым элементом, замыкающимся через интервал дискретизации Δt на малое время $t \ll \Delta t$.

Как указывалось ранее, канал тональной частоты (основной канал аналогового телефонного канала) должен занимать полосу 300...3400 Гц. Следовательно, частота дискретизации должна быть не менее: $F_0 = 2 \times 3400 = 6800$ Гц.

Согласно рекомендациям Международного консультативного комитета по телефонии и телеграфии (МККТТ) для сигнала, передаваемого по каналу тональной частоты, принята частота дискретизации $F_0 = 8000$ Гц. Такая частота облегчает реализацию фильтров аппаратуры ЦСП.

При *квантовании* (рис. 1.6, в) отсчеты c_n ряда Котельникова, принимающие в реальных условиях значения в диапазоне от c_{min} до c_{max} (динамический диапазон сигнала), аппроксимируются одним значением из конечного числа значений $y_1...y_n$, называемых *уровнями квантования*. Такая операция подобна округлению и приводит к погрешности, называемой *шумом квантования*.

Выбор уровней y , производится таким образом, чтобы, с одной стороны – минимизировать шумы квантования, с другой стороны – упростить реализацию квантователя. Наиболее просто квантователь реализуется при *равномерном квантовании*, уровни которого расположены в диапазоне $c_{min} - c_{max}$ с шагом Δ . Квантованные значения отсчета могут выбираться в соответствии со следующим правилом:

$$\begin{cases} c_i = y_j, & \text{если } y_j \leq c_i < y_j + 0,5\Delta \\ c_i = y_{j+1}, & \text{если } y_j + 0,5\Delta \leq c_i < y_{j+1} \end{cases}$$

Разность между действительным и выбранным значениями и будет шумом квантования, абсолютная величина которого не превышает $\Delta/2$.

Уменьшение шума квантования прямым способом ($\Delta \rightarrow 0$) приводит к большому числу уровней квантования и, как следствие, к необходимости передавать кодовые слова большой длины, что приводит к необходимости увеличения скорости передачи цифрового потока.

Можно показать строго математически, что равномерное квантование не приводит к минимально возможной среднеквадратичной величине погрешности шума квантования (малый сигнал имеет большое значение шума квантования и наоборот). Теоретически мож-

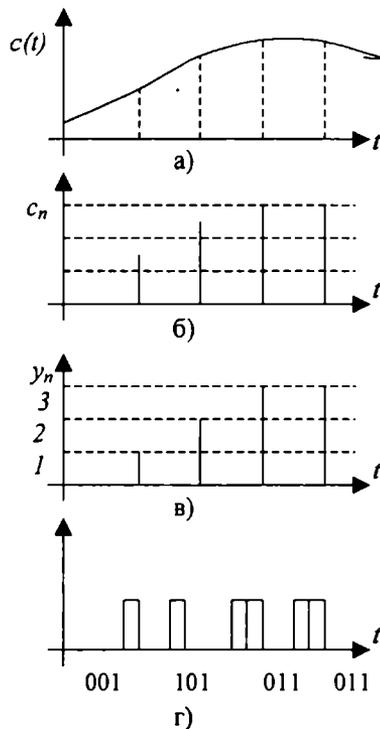


Рис. 1.6. Принцип ИКМ

дискретизации). Величина интервала дискретизации выбирается в соответствии с теоремой Котельникова.

Согласно теореме Котельникова, аналоговый сигнал с ограниченным спектром и бесконечным интервалом наблюдения можно без ошибок восстановить из дискретного сигнала, полученного дискретизацией исходного аналогового сигнала, если частота дискретизации в два раза больше максимальной частоты спектра аналогового сигнала:

$$F_0 > 2F_{max}.$$

Технически дискретизация по времени производится стробированием сигнала $c(t)$ ключевым элементом, замыкающимся через интервал дискретизации Δt на малое время $t \ll \Delta t$.

Как указывалось ранее, канал тональной частоты (основной канал аналогового телефонного канала) должен занимать полосу 300...3400 Гц. Следовательно, частота дискретизации должна быть не менее: $F_0 = 2 \times 3400 = 6800$ Гц.

Согласно рекомендациям Международного консультативного комитета по телефонии и телеграфии (МККТТ) для сигнала, передаваемого по каналу тональной частоты, принята частота дискретизации $F_0 = 8000$ Гц. Такая частота облегчает реализацию фильтров аппаратуры ЦСП.

При *квантовании* (рис. 1.6, в) отсчеты c_n ряда Котельникова, принимающие в реальных условиях значения в диапазоне от c_{min} до c_{max} (динамический диапазон сигнала), аппроксимируются одним значением из конечного числа значений $y_1...y_n$, называемых *уровнями квантования*. Такая операция подобна округлению и приводит к погрешности, называемой *шумом квантования*.

Выбор уровней y_j производится таким образом, чтобы, с одной стороны – минимизировать шумы квантования, с другой стороны – упростить реализацию квантователя. Наиболее просто квантователь реализуется при *равномерном квантовании*, уровни которого расположены в диапазоне $c_{min} - c_{max}$ с шагом Δ . Квантованные значения отсчета могут выбираться в соответствии со следующим правилом:

$$\begin{cases} c_i = y_j, & \text{если } y_j \leq c_i < y_j + 0,5\Delta \\ c_i = y_{j+1}, & \text{если } y_j + 0,5\Delta \leq c_i < y_{j+1} \end{cases}$$

Разность между действительным и выбранным значениями и будет шумом квантования, абсолютная величина которого не превышает $\Delta/2$.

Уменьшение шума квантования прямым способом ($\Delta \rightarrow 0$) приводит к большому числу уровней квантования и, как следствие, к необходимости передавать кодовые слова большой длины, что приводит к необходимости увеличения скорости передачи цифрового потока.

Можно показать строго математически, что равномерное квантование не приводит к минимально возможной среднеквадратичной величине погрешности шума квантования (малый сигнал имеет большое значение шума квантования и наоборот). Теоретически мож-

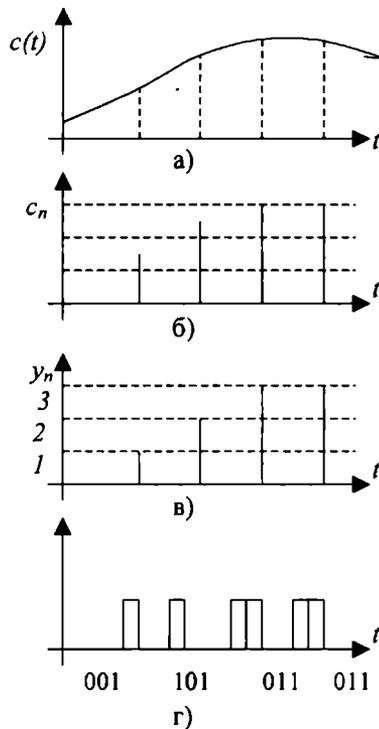


Рис. 1.6. Принцип ИКМ

но построить оптимальный квантователь с неравномерным шагом квантования, однако технические трудности его реализации вынудили искать другие пути.

Для уменьшения шумов квантования в настоящее время применяются два способа. Первый способ состоит в том, что сигнал в системе передачи подвергается *компандированию*. Компандированием называется процесс, состоящий из двух взаимобратных преобразований. Вначале перед неравномерным квантованием дискретный сигнал подвергается *компрессии*, т.е. неравномерному усилению, при котором дискретный сигнал становится больше при слабых сигналах и меньше при больших. На приемной стороне при восстановлении сигнала производится обратное преобразование – *экспандирование*, и сигнал приводится к исходному виду.

В настоящее время применяются два приблизительно равноценных *закона компандирования*: μ и A , описываемые следующими аналитическими выражениями:

$$y = \operatorname{sgn}(x) \left\{ \ln(1 + \mu |x|) / \ln(1 + \mu) \right\}, \text{ где } -1 \leq x \leq 1$$

$$y = \begin{cases} \operatorname{sgn}(x) \left\{ (1 + \ln A |x|) / (1 + \ln A) \right\}, & \text{где } 1/A \leq x \leq 1 \\ \operatorname{sgn}(x) \left\{ A |x| / (1 + \ln A) \right\}, & 0 \leq x \leq 1/A, \end{cases}$$

где $x = U_{\text{вх}} / U_{\text{вых max}}$; $\mu = 255$; $A = 87,5$. (Заметим, что эти выражения являются характеристиками компрессора.) В Европе (в том числе и в бывшем СССР) применяется A -закон компандирования, причем для простоты реализации используется 13-сегментная кусочно-линейная аппроксимация этого закона (рис. 1.7). В северной Америке и Японии применяется μ -закон.

Второй способ снижения шумов квантования состоит в использовании *цифровой компрессии*. При этом сигнал после равномерного квантования кодируется в линейном кодере с большим числом шагов квантования (например, с числом шагов 4096), чем это принято при обычной компрессии (например, 256), а затем из полученных 4096 комбинаций выбирается только 256. Зависимость шума квантования от уровня модулируемого сигнала остается такой же, как и при использовании аналогового компандера.

Кодированием квантованного отсчета называется отождествление этого отсчета с кодовыми словами, где под *кодовым словом* понимается упорядоченная последовательность символов некоторого алфавита.

На практике в ИКМ аппаратуре используют двоичные кодовые слова (рис. 1.6, г), причем каждое двоичное слово соответствует определенному уровню квантования сигнала. Практически была установлена зависимость между числом уровней квантования и качеством переданной речи (табл. 1.1). Согласно рекомендациям МККТТ, было принято 256 уровней квантования, а длина кодового слова – 8 двоичных символов (бит).

При отождествлении уровня квантования с двоичным кодовым словом широко используются два кода: *натуральный* и *симметричный*. В *натуральном двоичном коде* двоичные слова, соответствующие квантованным отсчетам сигнала, представляют собой неотрицательные целые числа, взятые в порядке возрастания амплитуд сигнала. В *симметричном*

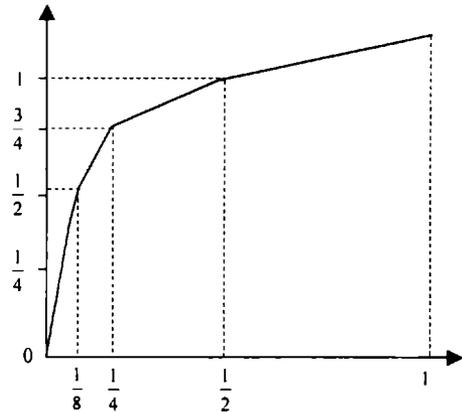


Рис. 1.7. 13-сегментная аппроксимация A -закона компандирования

двоичном коде один символ кодового слова отражает полярность квантованного отсчета, а остальные символы определяют двоичное число, представляющее абсолютную величину этого сигнала.

Таблица. 1.1. Зависимость между качеством передачи речи и числом уровней квантования

Качество речи	Количество уровней квантования	Число импульсов в кодовом слове
Очень плохое	8	3
Плохое	16	4
Посредственное	32	5
Хорошее	64	6
Очень хорошее	128	7
Отличное	256	8

1.4. Разделение и объединение цифровых сигналов

Если рассмотреть простейшую сеть, состоящую из двух пунктов А и Б, между которыми организовано N цифровых каналов (здесь не оговаривается каким образом), то независимая передача сигналов по этим каналам возможна, если эти каналы *разделены* между собой. Возможны следующие способы разделения каналов между двумя пунктами:

- пространственное разделение (space division), использующее различные передающие среды для организации каналов;
- временное разделение (time division), осуществляющее передачу цифровых сигналов в разные временные интервалы в различных каналах;
- кодовое разделение (code division), при котором разделение происходит путем применения конкретных значений кодов для каждого сигнала;
- разделение по длине волны, при котором цифровые сигналы передаются по цифровым каналам, организованным на различных длинах волн в оптическом кабеле;
- разделение по моде при организации канала на различных типах электромагнитной волны (модах) полых волноводов и оптического кабеля;
- разделение по поляризации электромагнитной волны полых волноводов и оптического кабеля.

Во всех случаях разделение каналов между двумя узлами не предполагает наличие единой среды распространения электромагнитного сигнала. Для передачи сигналов в одной среде распространения разделенные по тому или иному признаку (кроме пространственного) каналы с помощью операции объединения (мультиплексирования) группируются, образуя цифровую систему передачи (ЦСП).

В цифровых системах коммутации (ЦСК) такое объединение и разделение сигналов чаще всего происходит с помощью временного мультиплексирования (time division multiplexing). Временное мультиплексирование в настоящее время является важной составной частью не только ЦСП, но и ЦСК, и играет определяющую роль особенно на стыке этих систем. В телефонии временное мультиплексирование определяется как инструмент для распределения (разделения и объединения) телефонных каналов во времени при передаче по одной физической линии связи. При этом используется один из видов импульсной модуляции. Каждый импульс соответствует сигналу одного из каналов, сигналы от разных каналов передаются последовательно.

Принцип временного объединения сигналов показан на рис. 1.8, где изображен вращающийся коммутатор K (в центре), попеременно подключающийся к выходам последовательности каналов. К выходу канала 1 коммутатор подключается в момент времени t_1 , к выходу канала 2 в момент времени t_2 , к выходу канала N в момент времени t_N , после чего процесс повторяется. Результирующий выходной сигнал будет состоять из последовательности сигналов разных каналов, смещенных друг относительно друга на время

$$\Delta t = t_{n-1} - t_n.$$

Разделение сигналов на приемной стороне будет происходить аналогично: вращающийся коммутатор поочередно подключается к каналам, передавая первый сигнал в канал номер 1, второй – в канал номер 2 и т.д. Очевидно, что работа коммутаторов на приемной и передающей стороне должна определенным образом синхронизироваться, чтобы сигналы, пришедшие по линии, направлялись в необходимые каналы. На рис. 1.9 представлены временные диаграммы для случая объединения трех каналов, по которым передаются амплитудно-импульсно модулированные сигналы.

Как указывалось выше, в ЦСП используются ИКМ сигналы, представляющие собой цифровые кодовые последовательности, состоящие из нескольких бит. *Временное объединение* нескольких ИКМ сигналов – это объединение кодовых последовательностей, поступающих от различных источников, для совместной передачи по общей линии, при котором линия в каждый момент времени предоставляется для передачи только одной из поступивших кодовых последовательностей.

Временное объединение ИКМ сигналов характеризуется рядом параметров. *Цикл* временного объединения есть совокупность следующих друг за другом интервалов времени, отведенных для передачи ИКМ сигналов, поступающих от различных источников. В цикле временного объединения каждому ИКМ сигналу выделен конкретный интервал времени, положение которого может быть определено однозначно. Поскольку обычно каждый сигнал соответствует своему каналу передачи, то такой интервал времени, отведенный для передачи одного канала, называют *канальным интервалом* (КИ). Выделяют два типа цикла – *основной*, продолжительность которого равна периоду дискретизации сигнала, и *сверхцикл* – повторяющаяся последовательность следующих друг за другом основных циклов, в которой положение каждого из них определяется однозначно.

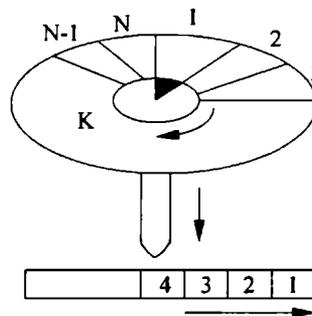


Рис. 1.8. Круговая интерпретация временного мультиплексирования

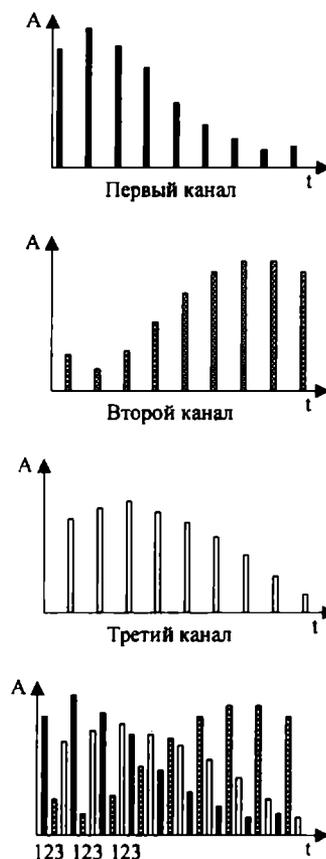


Рис. 1.9. Временное объединение

При построении ИКМ аппаратуры используют *однородное временное объединение* ИКМ сигналов, при котором скорости передачи кодовых слов объединяемых ИКМ сигналов одинаковы. Это дает возможность производить *погрупповое объединение* ИКМ сигналов и строить на основе этого иерархические системы передачи ИКМ сигналов.

1.5. Плезиохронные цифровые системы передачи

Цифровые системы передачи (ЦСП) с ИКМ сигналами получили название «плезиохронные» (т.е. почти синхронные), поскольку в них для выравнивания скорости входных и выходных цифровых потоков применяется метод вставки/удаления дополнительных бит. Такие системы в зависимости от скорости передачи и числа каналов подразделяются на *первичные* и *системы высших порядков*. Системы высших порядков объединяют несколько систем низшего порядка. При этом объединении должны соблюдаться определенные правила, о которых будет сказано далее.

Характеристики и иерархия ЦСП четырех порядков стандартизованы в 1976 г. в рекомендациях МККТТ серии G.700. Рассмотрим более подробно характеристики первичной ЦСП для европейских стран, получившей название ИКМ-30 (табл. 1.2).

Таблица 1.2. Характеристики ЦСП ИКМ-30

Параметр	Значение
Количество уровней квантования	256
Число разрядов кодового слова	8
Число временных каналов	32 (нумерация каналов: 0, 1, 2, ..., 31)
Характеристика компрессора	A = 87,6; 13 сегментов
Сигнализация, каналный интервал	16 (разрешено иметь до 4-х сигнальных каналов за счет уменьшения числа телефонных каналов)
Синхронизация, каналный интервал	0
Число телефонных каналов	30
Количество основных циклов в сверхцикле	16
Скорость передачи одного временного канала, Кбит/с	64
Скорость передачи ЦСП, Кбит/с	2048

На рис. 1.10 показана структура (иногда говорят формат) цикла и сверхцикла системы ИКМ-30. Как видно из рисунка, цифровой синхросигнал занимает позиции 2-8 нулевого каналного 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.

Вход и выход из циклового синхронизма определяются специальными процедурами, реализуемыми аппаратно.

Сверхцикловой синхросигнал, позволяющий осуществить отсчет циклов в сверхцикле, представляет собой комбинацию 0000 и занимает разрядные интервалы 1-4 каналного интервала 16 в цикле 0.

Канальный интервал 16 служит для передачи сигнализации. При использовании сигнализации по общему каналу (ОКС) формат канала 16 будет составлять часть спецификации ОКС. При сигнализации по выделенным сигнальным каналам канальный интервал 16 образует цифровой тракт со скоростью 64 Кбит/с. Этот тракт подразделяется на 30 низкочастотных цифровых трактов с использованием сверхциклового синхросигнала в качестве начала отсчета.

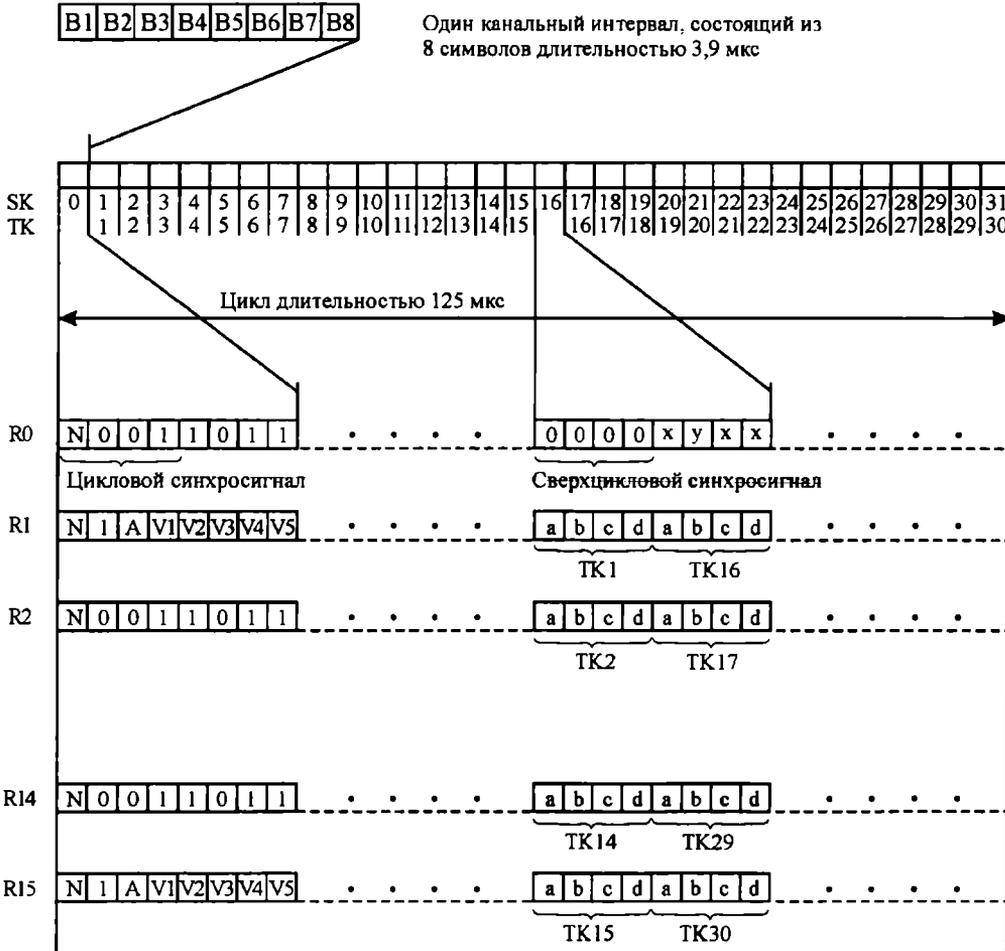


Рис. 1.10. Структура цикла и сверхцикла аппаратуры ИКМ-30

TK – номер телефонного канала; R0, ..., R15 – 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 противоположного конца линии связи; V1, ..., V5 – символы, предназначенные 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.

В месте соединения цифровой АТС и ЦСП организуется *цифровой стык*, к которому предъявляется ряд требований:

- 1) электрические (например, напряжение импульсов);
- 2) временные (скорость передачи, длительность импульса);
- 3) требования согласования: структур циклов ЦСП и цифровой АТС; согласования кодов в линии (например, кода HDB3) и на АТС (двоичный код) и др.

ИКМ системы передачи могут работать в асинхронной сети, когда синхронизация осуществляется, например, выделением на приемной стороне синхросигналов, задаваемых генератором на передающей стороне ЦСП, и в синхронной сети, когда передача синхросигналов выполняется специальным образом.

Цифровые системы передачи с ИКМ сигналами высших порядков подразделяются в зависимости от скорости передачи и способа образования результирующего цифрового сигнала. Согласно рекомендациям МККТТ, в ЦСП используются скорости передачи и число каналов, указанные в табл. 1.3.

Таблица 1.3. Плезиохронная иерархия ЦСП с ИКМ сигналом

ЦСП	Скорость передачи, Мбит/с	Количество стандартных цифровых каналов
Первичная	2,048	30
Вторичная	8,448	120 (4×30)
Третичная	34,368	480 (4×120)
Четверичная	139,264	1920 (4×480)

Из табл. 1.3 видно, что для вторичной ЦСП, параметры которой определяются согласно Рекомендации G.741 МККТТ, номинальная скорость передачи должна быть 8,448 Мбит/с. Количество объединяемых ИКМ-30 равняется 4. Цикл повторяется через 125 мкс.

В одном цикле 132 канальных интервала, из них 120 – для передачи телефонных разговоров, в связи с чем в технической литературе такая ЦСП получила название ИКМ-120.

Формирование ЦСП высших порядков происходит на основе процесса, получившего название *временного мультиплексирования*. Под временным мультиплексированием понимают временное объединение нескольких входных каналов, работающих с меньшей скоростью, в один выходной канал большей скорости. В общем случае, при объединении N каналов, работающих со скоростью V , скорость работы выходного канала должна равняться $N \times V$.

Различают синхронное (иногда его называют статическим) и асинхронное (статистическое, динамическое) временное мультиплексирование. При синхронном мультиплексировании каждому входному каналу соответствует строго определенный временной интервал в выходном канале мультиплексора. Никакому другому каналу данный временной интервал не доступен, даже если в данный момент времени информация по нему не передается (рис. 1.11).

При асинхронном мультиплексировании распределение временных интервалов в выходном канале мультиплексора между входными каналами происходит обычно свободным образом, например, по требованию.

Временное мультиплексирование может осуществляться побитно, побайтно и поблочно.

При *побитном мультиплексировании* на выходе мультиплексора последовательно коммутируются по одному биту из каждого канала.

При *побайтном* – на выходе мультиплексора последовательно коммутируются по одному байту (октету) из каждого канала.

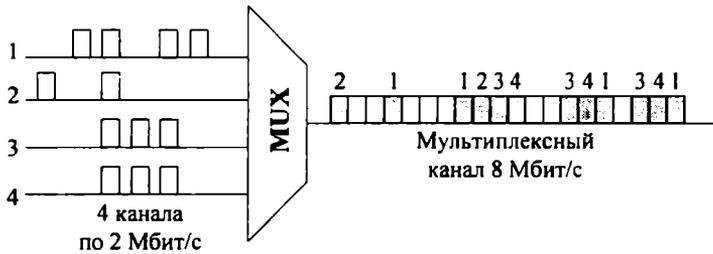


Рис. 1.11. Диаграмма работы синхронного мультиплексора

При *поблочном мультиплексировании* на выходе мультиплексора последовательно коммутируются по одному блоку (кадру), который может состоять из нескольких байт или содержать специальный формат. На противоположной стороне цифрового тракта осуществляется обратный процесс – демultipлексирование, когда один входной канал разбивается на несколько выходных каналов, работающих на меньшей скорости.

При объединении цифровых потоков низшей ступени иерархии в один поток более высокой ступени возникает проблема организации цифрового потока заданной скорости (например, 8448 Кбит/с) при возможном отклонении скоростей объединяемых цифровых потоков от номинального значения. Для решения этой проблемы применяется процедура цифрового выравнивания.

Цифровым выравниванием называется метод доведения изменяющейся скорости объединяемого цифрового сигнала до некоторой опорной скорости, которой в данном случае является скорость системы высшего порядка в пересчете на один цифровой сигнал низшего порядка. Это выравнивание осуществляется путем введения в цифровой сигнал дополнительных (выравнивающих) символов или удаления информационных символов, причем значения удаленных символов передаются в приемное устройство с помощью выделенных в цифровом сигнале служебных каналов. Заметим, что в ЦСП бывшего СССР было принято так называемое *положительно-отрицательное выравнивание*.

Полное описание рекомендаций МККТТ по ЦСП с ИКМ сигналами высших порядков дано в Оранжевой книге МККТТ.

Краткие характеристики отечественных ЦСП приведены в Приложении 1.

Глава 2

Принципы синхронной цифровой коммутации

2.1. Координаты коммутации

Согласно ГОСТ 22670-77, принятого еще в СССР, были введены понятия однокоординатной и многокоординатной коммутации цифрового сигнала. *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. Например, в аналоговых системах наибольшее распространение получила однокоординатная коммутация с пространственным признаком разделения каналов.

Принцип построения коммутационных устройств и систем, в которых соединительные пути разделяются по различным признакам, можно пояснить, воспользовавшись геометрическим представлением. Для этой цели введем понятие пространства признаков, обозначив его через P . За координату этого пространства примем значения тех параметров, которые могут служить признаком для разделения каналов. В качестве таких признаков могут выступать такие параметры сигнала, как частотный, временной, амплитудный и т.д. Если все из перечисленных параметров у коммутируемых сигналов оказываются совпадающими, то разделение сигналов может осуществляться в физическом пространстве (т.е. для независимой передачи или коммутации сигналов требуются индивидуальные физические линии). Поэтому в пространстве признаков P одной из координат может быть и «*пространственный*» признак, указывающий на принадлежность к определенной физической линии. Таким образом, каждый канал можно представить в виде некоторого объема в пространстве признаков P , координатами которого являются указанные выше признаки.

Передача сигналов по линии без перекрестного влияния одного канала на другой требует, чтобы объемы отдельных каналов не пересекались. Размеры сечения канала по каждой координате не должны быть больше динамического диапазона изменения этого параметра.

Примем за достаточный признак отсутствия взаимного влияния каналов непересечение их объемов в пространстве P . Будем считать, что пространство P имеет k измерений, а каждая i -я координата ($i = 1, 2, \dots, k$) имеет s_j дискретных значений ($j=1, 2, \dots, n$). Эти дискретные значения соответствуют центрам полосы, занимаемой каждым каналом (из возможных в данном пространстве) по этой координате.

При указанных ограничениях положение канала в пространстве признаков можно однозначно охарактеризовать вектором, исходящим из начала координат и оканчивающимся в точке, соответствующей «*центру тяжести*» объема пространства P , занимаемого данным каналом.

Приведем несколько примеров.

1. Передача сигналов по *индивидуальным физическим линиям*. В этом случае разделительным признаком будет пространственный признак S . Каждая индивидуальная соединительная линия характеризуется своим параметром – условным номером этой линии i . Векторная диаграмма сигналов, передаваемых по индивидуальным физическим линиям, показана на рис. 2.1, а. Однокоординатная коммутация в этом случае означает преобразование, например, A_1 в A_i , (т.е. передачу сигнала из первой линии в i -ю).

2. Линия с *частотным разделением каналов* (ЧРК). В этом случае для представления необходимо иметь два признака: пространственный S и частотный F . Пространственный параметр S указывает условный номер линии с ЧРК. Частотные параметры f_i ($i = 1, 2, \dots, k$) означают центры полос пропускания каждого из n каналов, передаваемых по линии S . На рис. 2.1, б приведено векторное представление каналов в линии с ЧРК, при этом запись \vec{F}_1^k означает k -й канал линии l .

Наличие двух признаков (S и F) позволяет говорить о двухкоординатной коммутации сигналов, передаваемых по каналам в линии с ЧРК. Например, сигнал i -го канала можно перевести из линии S_1 в тот же канал линии S_2 или из одного канала перевести сигнал в другой канал той же линии, или и то и другое вместе.

В 60-х гг. предпринимались попытки создания коммутационных устройств, осуществляющих коммутацию по двум координатам – S и F . Однако вследствие технических трудностей создания таких коммутационных устройств, с одной стороны, и осознанной уже в то время неперспективности таких устройств и систем, с другой стороны, работа эта была остановлена. АТС, работающие по этим координатам, построены не были.

3. Линия с *временным разделением каналов* (ВРК). Сигналы в такой линии можно представить в координатах признаков S (пространство) и T (время). Координатами канального интервала будут условный номер линии с ВРК S и номер канального интервала k ($k = 1, 2, \dots, n$) в структуре цикла (рис. 2.1, в). Здесь \vec{T}_1^k – вектор сигнала, передаваемого по линии S_1 в течение канального интервала k .

Возможна коммутация сигналов по признакам, число которых более двух, например, в оптической коммутации (рис. 2.1, г), однако такие коммутационные устройства являются в настоящее время экспериментальными или проходят опытную эксплуатацию.

Синхронная цифровая коммутация времяуплотненных ИКМ сигналов, которая рассматривается в этой книге, является двухкоординатной коммутацией по признакам S (пространство) и T (время), а используемые цифровые коммутационные устройства ИКМ сигналов имеют, в связи с этим, следующие особенности:

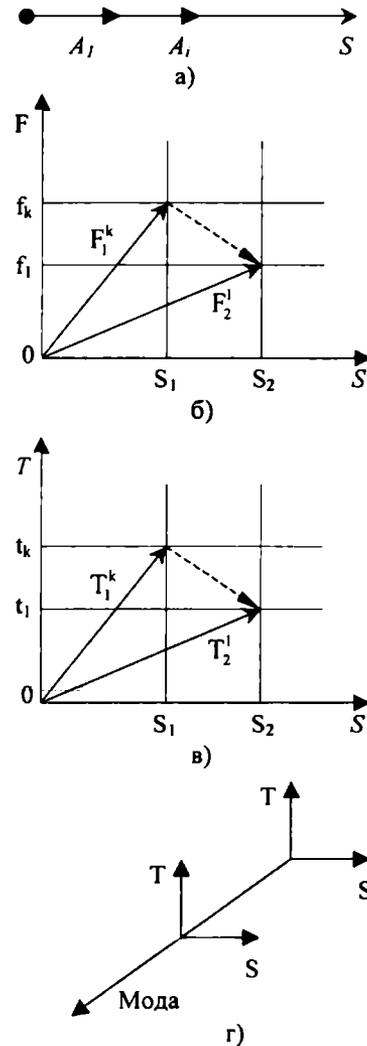


Рис. 2.1. Векторное представление сигналов и их коммутации

- 1) относятся к классу *синхронных*, т.е. все процессы на входах, выходах и внутри их согласованы по частоте и по времени;
- 2) являются четырехпроводными в силу особенностей передачи сигналов по ЦСП.

2.2. Ступень временной коммутации

Блок или модуль, осуществляющий функцию временной коммутации цифрового сигнала (преобразование его временной координаты), называется *временной ступенью коммутации* или *T-ступенью* (от time – время).

Пусть на вход коммутационного модуля с ИКМ линии поступают, а с выхода модуля уходят в ИКМ линию *времяуплотненные ИКМ сигналы* (рис. 2.2). За каждым канальным интервалом закреплен строго определенный ИКМ сигнал (речевой сигнал абонента). Например, абонент *A* закреплен за канальным интервалом *1* входящей ИКМ линии, а абонент *B* за канальным интервалом *15* исходящей. Информация об этом передается в сигнальном временном канальном интервале. Изменение порядка следования одного канального интервала

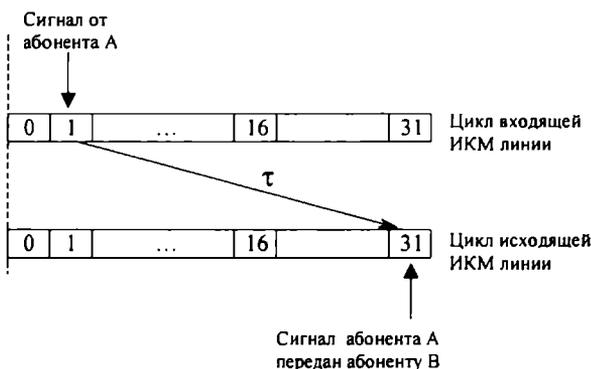


Рис. 2.2. Иллюстрация принципа временной коммутации

исходящей ИКМ линии по сравнению с входящей означает передачу речевой информации от одного абонента к другому. В этом и заключается принцип временной коммутации (иногда говорят о перестановке канальных интервалов или перемещении информации из канала в канал). Принцип временной коммутации иллюстрирует рис. 2.2, где показан один двухпроводный тракт (например, на передачу). Для осуществления разговора абонентов необходимо организовать такой же тракт на прием, т.е. разговорный тракт должен быть четырехпроводным.

Использование векторного представления цифровой коммутации (рис. 2.3) 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:

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

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

Структурно *T-ступень* характеризуется емкостью T : $N \times M$, K , где N – число входящих временных канальных интервалов в ИКМ линии; M – число каналь-

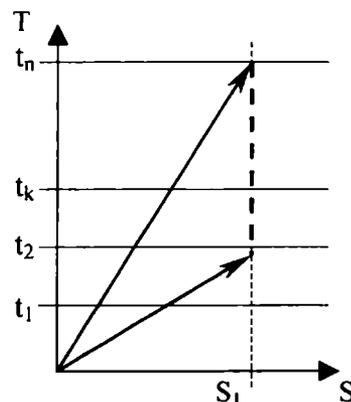


Рис. 2.3. Векторное представление временной коммутации

ных интервалов исходящей ИКМ линии; K – число бит в одном кодовом слове (иногда, это если значение известно заранее, записывают $T: N \times M$).

T -ступени могут быть реализованы двумя способами: с помощью управляемых переменных линий задержки или с использованием цифровых запоминающих устройств (ЗУ). Схемы с использованием линий задержки отличаются простотой исполнения, но имеют существенный недостаток – последовательную передачу кодовых слов. Для организации параллельной передачи количество схем увеличивается в число раз, соответствующее числу разрядов в кодовом слове. Поэтому в настоящее время T -ступени цифровых коммутационных полей строятся только на ЗУ вследствие простоты и низкой стоимости реализации.

В самом общем виде T -ступень содержит два ЗУ – речевое и управляющее (рис. 2.4). Речевое ЗУ предназначено для записи/считывания кодовых слов коммутируемых канальных интервалов, а управляющее содержит адреса записи/считывания для ячеек речевого ЗУ. Эти адреса записываются в управляющие ЗУ из управляющих устройств системы коммутации.

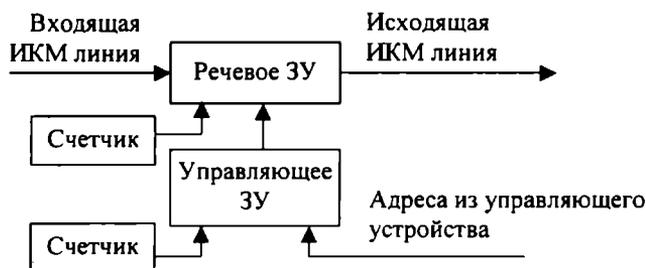


Рис. 2.4. Общая схема реализации T -ступени

ЗУ T -ступени могут работать в двух эквивалентных по результату коммутации режимах: «последовательная запись/произвольное считывание» и «произвольная запись/последовательное считывание».

1) В режиме последовательной записи/произвольного считывания (рис. 2.5) происходит последовательная запись кодовых слов в речевое ЗУ по сигналам специально организованного счетчика номеров ячеек ЗУ и произвольное считывание из речевого ЗУ по адресам, получаемым либо из управляющего ЗУ, либо из управляющего устройства. В этом случае определенные ячейки памяти закрепляются за соответствующими каналами входящей ИКМ линии. Информация каждого входящего временного интервала запоминается в последовательных ячейках памяти, что обеспечивается увеличением на единицу содержимого счетчика на каждом временном интервале. Пусть информация из канального интервала 2 должна быть передана в канальный интервал 3. По синхронизирующему сигналу станции, совпадающему с началом канального интервала 0, счетчик речевого ЗУ обнуляется. (Здесь предполагается, что структура цикла времяуплотненного группового сигнала внутри T -ступени остается такой же, как и в ЦСП. В реальных системах коммутации такого ограничения может не быть. Кроме того, канальные интервалы 0 и 16 внутри коммутационного поля могут использоваться для целей передачи внутростанционных сигналов и являться обычными коммутируемыми каналами). С помощью последовательного увеличения значения счетчика, формирующего адреса речевого ЗУ, кодированные отсчеты всех каналов цикла записываются в это ЗУ. Тем самым реализуется режим последовательной записи в речевом ЗУ.

В следующем цикле осуществляется режим произвольного считывания. Для этой цели вновь организуется счетчик адресов управляющего ЗУ. Данные адреса записываются в управляющее ЗУ центральным управляющим устройством АТС и определяют адрес считывания для речевого ЗУ. Для рассматриваемого примера при $Сч = 3$ будет считан адрес 2, сигнал считывания подан по адресу 2 в речевое ЗУ, и информация канала 2 попадет в каналный интервал 3. Тем самым будет реализован режим произвольного считывания речевого ЗУ.

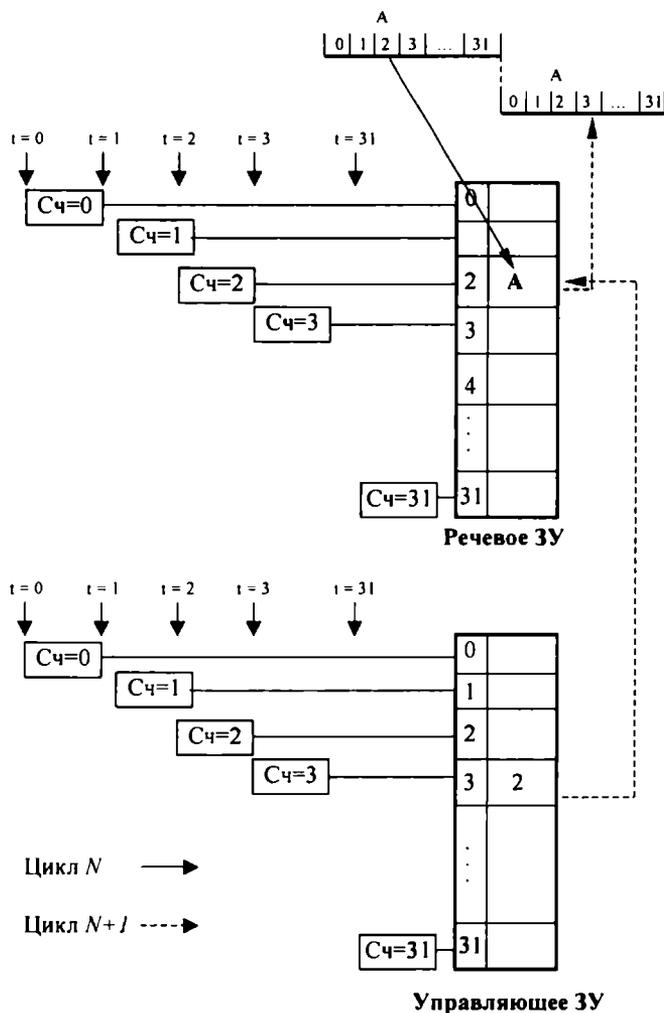


Рис. 2.5. Иллюстрация работы T-ступени.
Режим «последовательная запись/произвольное считывание»

2) В режиме «произвольной записи/последовательного считывания» (рис. 2.6) происходит произвольная запись в речевое ЗУ кодовых слов по адресам, вырабатываемым управляющим ЗУ или управляющим устройством системы, и последовательное считывание по сигналам счетчика. В этом случае поступающая на вход информация записывается в ячейки речевого

ЗУ в соответствии с адресом, хранящимся в управляющей памяти, а считывание информации производится последовательно – ячейка за ячейкой под управлением счетчика исходящих временных интервалов. В нашем примере информация, принятая в течение временного интервала 2, записывается непосредственно в речевое ЗУ по адресу 3, откуда автоматически считывается в исходящий канал с номером 3 исходящей ИКМ линии.

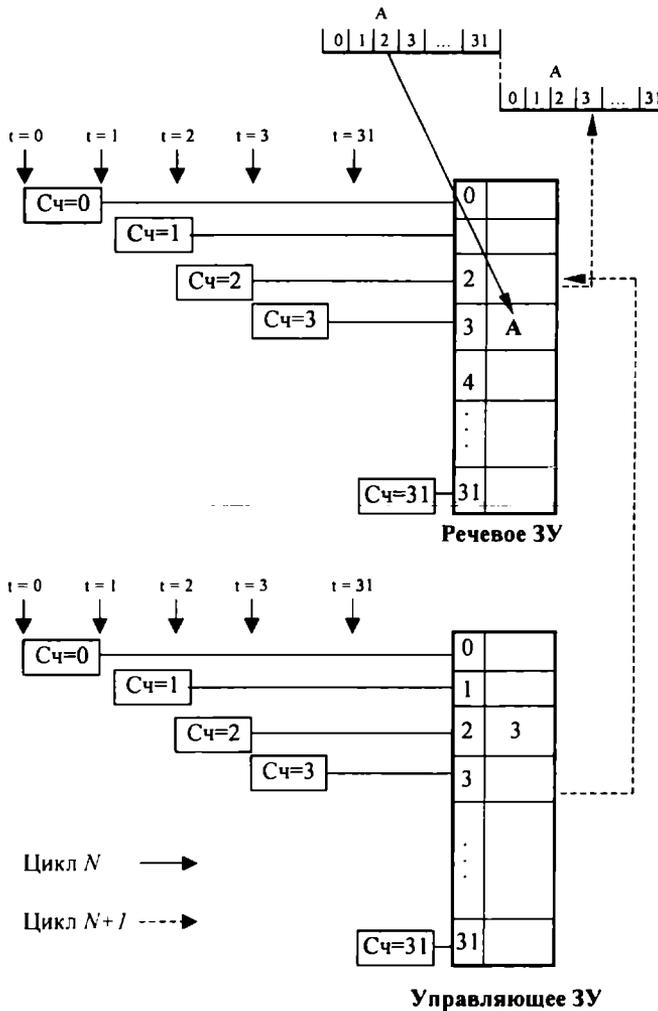


Рис. 2.6. Иллюстрация работы Т-ступени.
Режим «произвольная запись/последовательное считывание»

Выбор режима работы Т-ступени зависит от конкретной реализации коммутационного поля.

Пусть Т-ступень имеет параметры $T: N \times N, K$. Здесь K – длина кодового слова. Тогда количество канальных интервалов, которое может быть скомутировано Т-ступенью, рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{PT_u}{At_u}$$

где T_u – время цикла ИКМ линии (мкс); P – число параллельно записываемых (считываемых) в ЗУ бит; t_u – время цикла ЗУ (мкс); A – число, характеризующее организацию доступа к речевому ЗУ.

Анализ этой формулы показывает, что емкость T -ступени можно увеличить тремя способами:

- 1) параллельной обработкой кодового слова канального интервала ($P = 8$ для стандартного ИКМ преобразования, хотя в ряде цифровых коммутационных полей длина кодового слова может быть увеличена);
- 2) сокращением времени цикла ЗУ;
- 3) уменьшением значения параметра A .

Применение параллельной коммутации кодовых слов позволяет в общем случае в K раз увеличить емкость T -ступени при всех прочих равных условиях.

Оценим возможность увеличения емкости T -ступени путем уменьшения времени t_u . Пусть ЗУ имеет $t_u = 1$ нс (отметим, что такое ЗУ является сверхскоростным). При параллельной обработке кодовых слов максимальная емкость T -ступени с таким ЗУ составляет свыше 62 000 канальных интервалов, что соответствует станциям большой и средней емкости. Однако стоимость таких сверхбыстродействующих ЗУ чрезвычайно велика, поэтому реально используемая емкость T -ступени равна обычно 128×128 , 512×512 или 1024×1024 канальных интервалов. Для реализации цифровых коммутационных полей большой емкости используют многозвенный метод соединения T -ступеней.

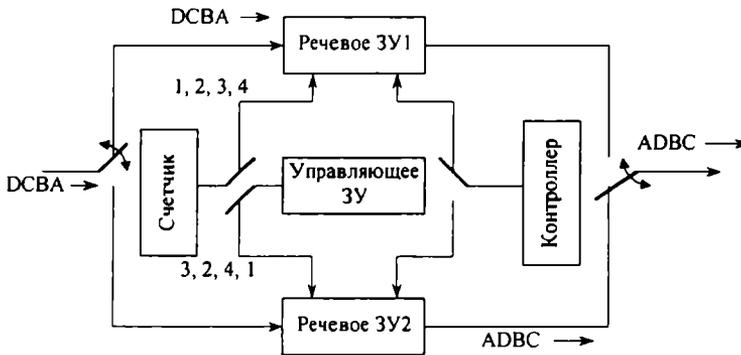


Рис. 2.7. Режим раздельной записи/считывания

И, наконец, рассмотрим третий фактор возможного увеличения емкости T -ступени: различные способы организации доступа к ЗУ. Параметр A учитывает увеличение быстродействия ЗУ за счет изменения организации доступа к нему по сравнению с основной схемой (рис. 2.4).

Основная схема T -ступени характеризуется тем, что в ней поле ячеек речевого ЗУ является общим для всех канальных интервалов входящей ИКМ линии и, кроме того, это речевое ЗУ последовательно работает на запись и на считывание. Для такой схемы $A = 4$.

В T -ступенях цифровых телефонных систем наибольшее применение нашла другая схема, работающая в режиме разделения записи и считывания (рис. 2.7).

Для реализации этого режима требуются два речевых ЗУ, в одно из которых записываются кодовые слова, а из другого считываются, после чего в этих ЗУ изменяются режимы. На рисунке условно показаны ключи, которые попеременно подсоединяют к входящей ИКМ линии, исходящей ИКМ линии, к управляющей памяти, счетчику и контроллеру разрешения записи оба речевых ЗУ.

На рис. 2.8 показаны временные диаграммы работы рассматриваемой T -ступени. Во время первого (T_0) цикла, входные речевые кодовые слова в параллельной форме записываются в речевое ЗУ1, а исходящие речевые слова считываются из речевого ЗУ2. Входные речевые кодовые слова ($A_0B_0C_0D_0\dots$) последовательно записываются в ячейки речевого ЗУ1 согласно последовательным, адресам (1, 2, 3, 4, ...), задаваемым счетчиком. Запись производится по сигналам, формируемым контроллером разрешения записи. Исходящие речевые кодовые слова ($C_1B_1D_1A_1\dots$) считываются из речевого ЗУ2 с использованием адресов коммутации, получаемых из управляющего ЗУ (на рис. 2.7 эти адреса помечены цифрами 3, 2, 4, 1, ...). В следующий (T_1) цикл, входные кодовые слова будут записываться в речевое ЗУ2, а считываться из речевого ЗУ1.

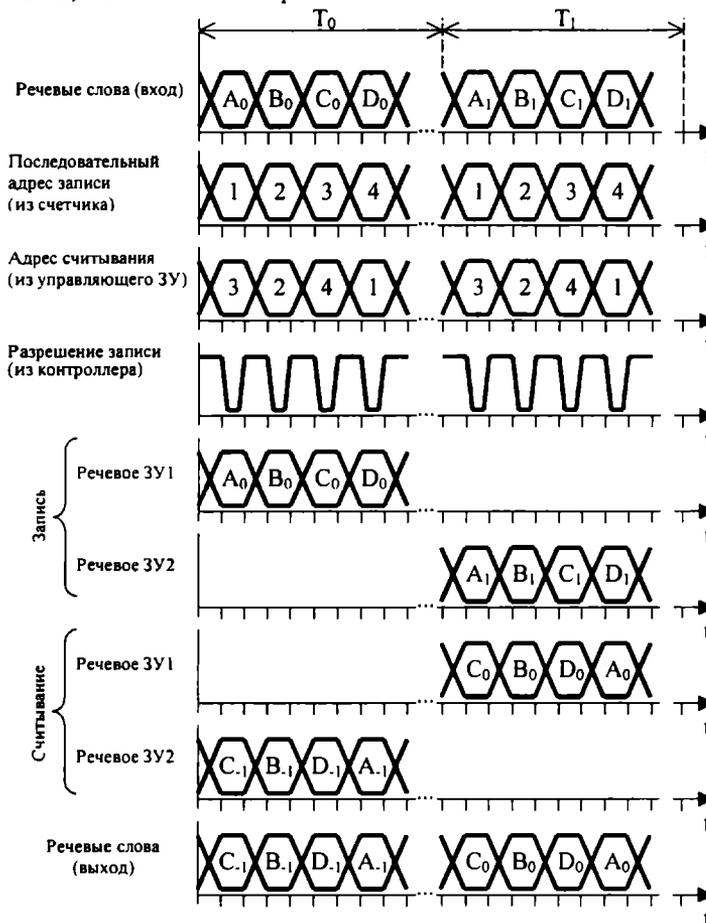


Рис. 2.8. Временные диаграммы работы T -ступени, реализующей принцип разделения записи/считывания

Для T -ступеней, реализующих режим разделения записи и считывания, число A равно 2, т.е. благодаря этому режиму удастся в два раза увеличить емкость T -ступени по сравнению с основной схемой фактически за счет удвоения емкости речевого ЗУ.

Быстродействие T -ступени с раздельными записью/считыванием ограничивается скоростью записи в ЗУ, так как для записи требуются три сигнала (входные речевые кодовые сигналы, последовательный адрес записи и сигнал разрешения записи), а для считывания – два сигнала (исходящие речевые кодовые сигналы, адрес коммутации). В связи с тем, что режим «раздельная запись/раздельное считывание» реализуется так, что общее время записи равно времени считывания, быстродействие T -ступени определяется временем процедуры записи. Однако возможен иной режим работы T -ступени, который получил название «медленная запись/быстрое чтение», и позволяющий значительно увеличить ее быстродействие. При этом, как правило, требуется уже три речевых ЗУ, работа которых может быть построена по принципу, например, парной записи, т.е. в первом цикле T_0 происходит разделение входных кодовых слов и запись их одновременно в ЗУ1 и ЗУ2 (например, слов A_0, C_0 – в ЗУ1, а B_0 и D_0 – в ЗУ2). Аналогично в цикле T_1 осуществляется запись в ЗУ2 и ЗУ3, в цикле T_2 – в ЗУ1 и ЗУ3.

В T_0 цикле из речевого ЗУ3 производится считывание кодовых слов согласно адресам управляющего ЗУ. Эти кодовые слова были записаны в двух предыдущих циклах T_1 и T_2 (это могут быть слова $A_{-1}, B_{-2}, C_{-1}, D_{-2}$). В T_1 цикле считывание осуществляется из речевого ЗУ1, а в T_2 цикле – из ЗУ2. Быстродействие такой T -ступени определяется временем считывания из речевого ЗУ, которое значительно меньше времени записи в ЗУ.

Из всех рассмотренных схем T -ступени минимальный объем речевого ЗУ имеет основная схема. Увеличение быстродействия T -ступени путем изменения режима доступа приводит к увеличению объема речевого ЗУ. Так, для реализации режима «медленная запись/быстрое чтение» требуются уже три речевых ЗУ. Однако, быстрое снижение стоимости ЗУ в последние годы делают экономически обоснованным применение таких T -ступеней.

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.

2.3. Степень пространственной коммутации

Блок или модуль цифрового коммутационного поля, осуществляющий пространственную коммутацию цифрового сигнала (преобразование его пространственной координаты), называется *пространственной ступенью коммутации* или *S-ступенью* (от space – пространство).

Суть преобразования пространственной координаты цифровых сигналов состоит в том, чтобы переместить данное кодовое слово из одной ИКМ линии в другую с сохранением порядка следования кодового слова в структурах циклов обеих линий (рис. 2.9).

Векторное представление такого преобразования показано на рис. 2.10. В этом случае вновь предполагается ортогональность преобразований временной и пространственной координат цифрового сигнала:

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

где $\Psi(T) = 0$.

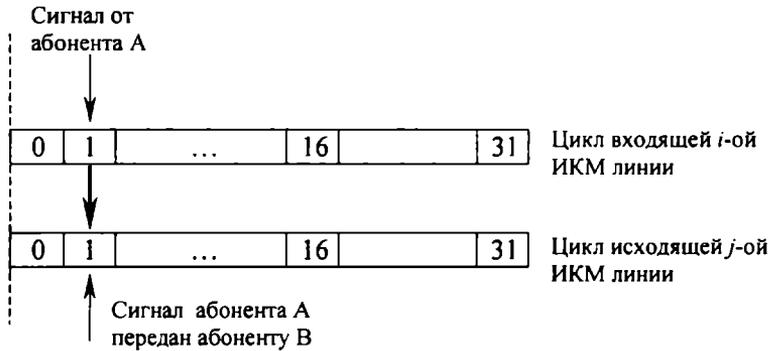


Рис. 2.9. Иллюстрация принципа пространственной коммутации

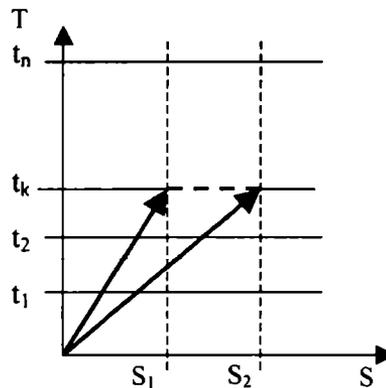


Рис. 2.10. Векторное представление пространственной коммутации

Структурно S -ступень описывается с помощью трех чисел: $N \times M, K$, где N, M – количество входящих и исходящих ИКМ линий; K – число канальных интервалов в каждой из ИКМ линий. Если известна величина K (например, ИКМ-30), то структурно S -ступень характеризуется двумя числами: $N \times M$.

Поясним принцип преобразования пространственной координаты цифрового сигнала, используя для этого условную коммутационную матрицу (рис. 2.11). Матрица состоит из вертикальных и горизонтальных шин и элементов «И» (электронные ключи).

Пусть в некоторые канальные интервалы (например, КИ1 и КИ2) необходимо передавать кодовые слова из первой входящей ИКМ линии, которая включена в первую горизонтальную шину, во вторую и в N -ую исходящие ИКМ линии, которые включены во вторую и в N -ую вертикальные шины соответственно. В заданное время управляющее устройство (на рис. 2.11 не показано) включает соответствующие ключи, посылая сигналы управления y_{12} и y_{1n} , и кодовое слово во время КИ1 из первой входящей ИКМ линии попадает во вторую исходящую ИКМ линию, а во время КИ2 – в N -ую исходящую ИКМ линию. Каждый ключ остается открытым только на время длительности одного канального интервала. Понятно, что для обеспечения нормальной работы такой матрицы необходимо, чтобы в каждый момент времени работал только один ключ на каждой вертикали.

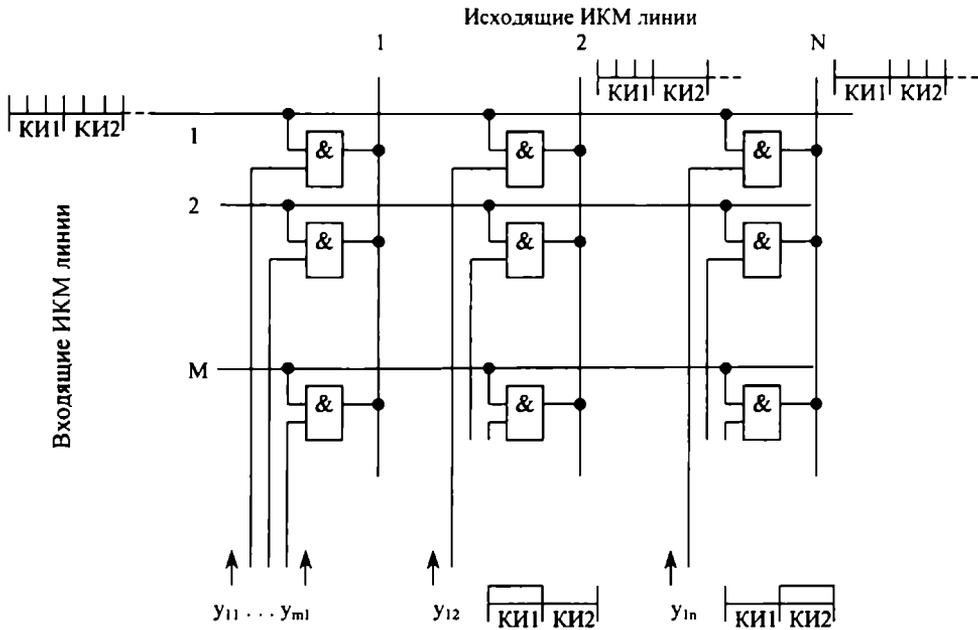


Рис. 2.11. Пример работы пространственной коммутационной матрицы

Если пространственная коммутационная матрица строится для параллельной передачи 8-битового кодового слова, то понадобятся 8 горизонталей и 8 вертикалей для одного кодового слова.

Подчеркнем, что переключение ключевых элементов в матрице производится в темпе поступления кодовых слов.

Анализ работы пространственной коммутационной матрицы показывает, что сигнал на входе этой матрицы в каждый момент времени определяется только значением входного сигнала и управляющего сигнала и не зависит от того, что было на этих входах в предыдущий момент. Следовательно, матрица представляет собой комбинационный автомат (рис. 2.12) с N информационными входами, M информационными выходами и $N \times M$ точками коммутации, работа которых определяется управляющей частью.

Комбинационная часть S -ступени может быть реализована различными способами: на электронных ключах (рис. 2.13, а), на интегральных схемах средней степени интеграции – мультиплексорах и демультиплексорах (рис. 2.13, б и в), или на БИС матричной структуры – программируемых логических матрицах (ПЛМ) (рис. 2.13, г).

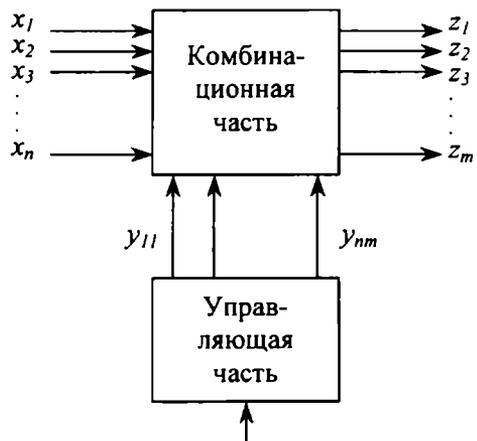


Рис. 2.12. Представление S -ступени в виде комбинационного автомата

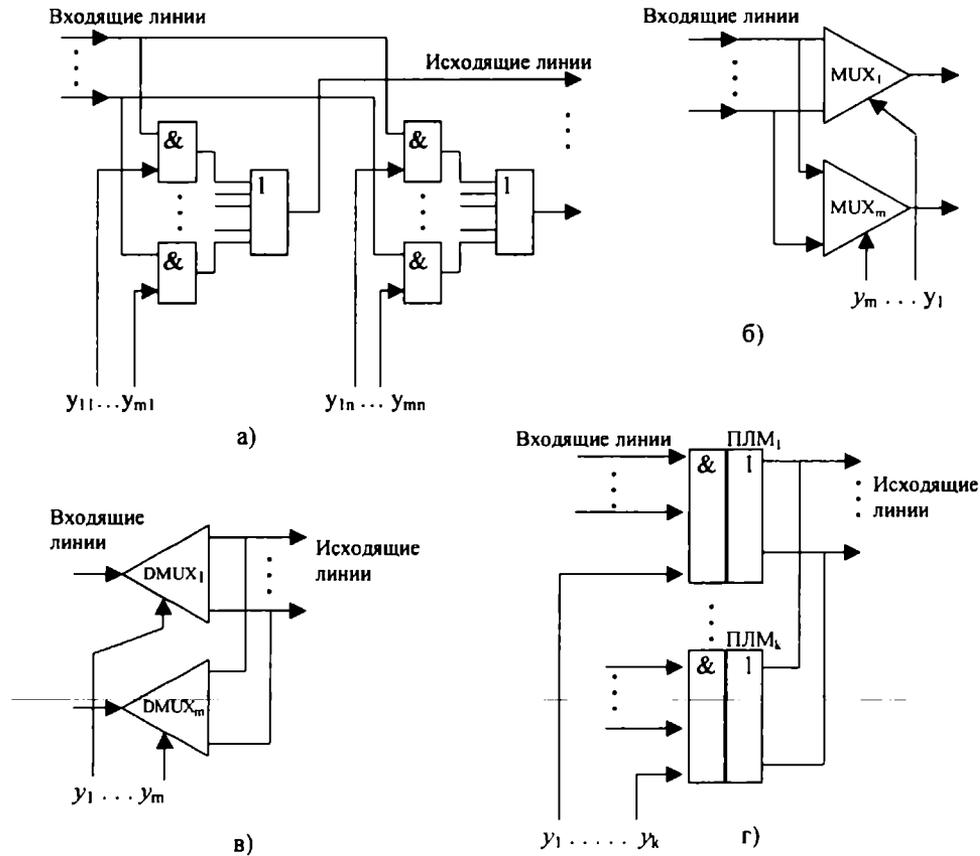


Рис. 2.13. Примеры исполнения комбинационной части S -ступени

Управляющая часть S -ступени (иногда ее называют блоком адресной информации) предназначена для выработки адресов входа и выхода, которые должны быть скоммутированы (точнее, адресов коммутационных элементов коммутационной матрицы). Эти адреса должны заноситься в блок адресной информации и храниться в нем до окончания соединения. Поэтому управляющая часть S -ступени строится на базе ЗУ (будем называть его управляющим ЗУ), в которое из управляющих устройств системы поступают сигналы управления. Объем памяти и структура управляющего ЗУ (УЗУ) определяется построением коммутационной матрицы и параметрами N и M . При реализации коммутационной матрицы на электронных ключах каждой точке коммутации необходим свой управляющий вход, и их количество будет равно произведению $N \times M$. При реализации коммутационной матрицы на мультиплексорах/демультиплексорах число управляющих входов уменьшается, поскольку управляющие сигналы передаются в кодированном виде. И, наконец, построение коммутационной части на ПЛМ позволяет еще более сократить число управляющих входов.

Управление процессом коммутации может быть организовано по принципу «управление по выходам» или «управление по входам». В первом случае в ячейки памяти УЗУ заносятся адреса исходящих цифровых линий, которые должны быть скоммутированы с конкретной входящей линией (для коммутационной матрицы, изображенной на рис. 2.11 –

управление по строкам). Во втором случае в ячейки памяти УЗУ заносятся адреса входящих цифровых линий, которые должны быть скоммутированы с конкретной исходящей линией (для коммутационной матрицы, изображенной на рис. 2.11 – управление по столбцам).

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.

2.4. Степень пространственно-временной коммутации

Блок, или модуль (иногда его называют матрицей), реализующий пространственно-временное преобразование координат цифрового сигнала, называется *S/T-ступенью*.

Пусть на блок, реализующий пространственно-временную коммутацию, поступают цифровые потоки от двух ИКМ линий (для определенности примем, что по каждой линии передаются цифровые сигналы, имеющие структуру цикла ИКМ-30) (см. рис. 2.14).

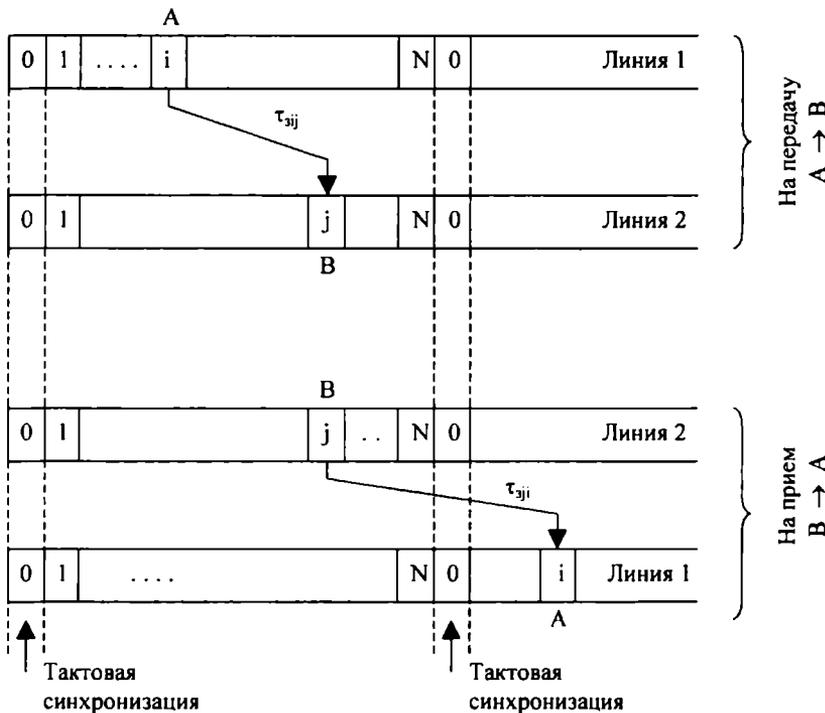


Рис. 2.14. Иллюстрация принципа пространственно-временной коммутации

Все сигналы ИКМ линий синхронизированы по циклам. Согласно адресной информации, поступающей в управляющее устройство блока в 16-м канальном интервале, необходимо установить соединение абонента *A* с абонентом *B*. В адресе указано, что речевая информация от абонента *A* передается в *i*-м канальном интервале ИКМ линии 1, а абоненту *B* предоставлен *j*-й канальный интервал ИКМ линии 2. Принцип пространственно-временной коммутации канальных интервалов *i* и *j* в прямом и обратном направлениях иллюстрирует рис. 2.14. Как видно из рисунка, для передачи речевой информации из *i*-го канального интервала ИКМ линии 1 в *j*-й канальный интервал ИКМ линии 2 (от абонента *A* к абоненту *B*) необходимо задержать эту информацию на время $\tau_{31} = \tau_{ji}$. В то же время сигнал, передаваемый в *j*-м канальном интервале линии 2, должен быть задержан на время $\tau_{32} = \tau_{ji}$ и передан в *i*-м канальном интервале следующего цикла линии 1. Таким образом, передача речевой информации в прямом и обратном направлениях должна происходить в разных циклах.

Векторное представление пространственно-временной коммутации показано на рис. 2.15. В данном случае преобразование $\Psi(S, T)$ нельзя представить суммой ортогональных преобразований $\Psi(T)$ и $\Psi(S)$.

Структурными параметрами *S/T*-ступени являются число *N* входящих цифровых линий с *C1* временными канальными интервалами каждая, а также число *M* исходящих цифровых линий с *C2* временными канальными интервалами каждая – *S/T*: $(N/C1) \times (M/C2)$.

Возможны несколько способов построения *S/T*-ступеней. Наиболее часто применяются три основных: координатный способ построения; использование мультиплексоров и демультимплексоров; использование кольцевых соединителей.

1. Координатный способ построения

Суть метода иллюстрирует рис. 2.16. Схемы речевых ЗУ образуют условную матрицу, разделенную на строки и столбцы. Запись кодовых слов производится одновременно в речевые ЗУ вертикали (или горизонтали) матрицы, отвечающие за входящие цифровые линии. Считывание осуществляется по горизонтали (или вертикали) матрицы в ту исходящую цифровую линию, с которой необходимо осуществить коммутацию.

В качестве примера реализации *S/T*-ступени по координатному принципу рассмотрим блок пространственно-временной коммутации цифровой ЭАТС 200 (в технической документации ступень названа блоком временной коммутации).

Структурные параметры блока – *S/T*: $(32/32) \times (32/32)$. Структурная схема модуля представлена на рис. 2.17, где SWM – модуль коммутации; *s/p*, *p/s* – преобразователи последовательного кода в параллельный и обратно, MPTL – блок формирователя синхроимпульсов, SWCM – блок управляющего ЗУ, SWCL – блок тактирования.

Преобразователи *s/p*, *p/s* кроме преобразования кодов выполняют функции соответственно модулей приема и передачи. Блок коммутации может состоять из нескольких модулей пространственно-временной коммутации SWM, которые располагаются в виде условной матрицы. При этом блок управления также будет состоять из нескольких модулей управляющих ЗУ SWCM, управляющих группой модулей SWM (как правило, условной горизонтально).

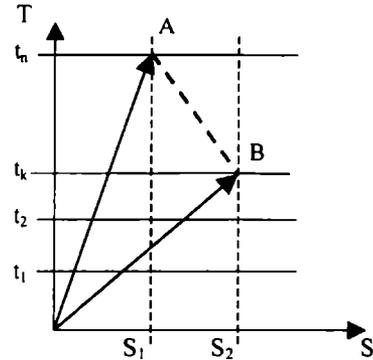


Рис. 2.15. Векторное представление пространственно-временной коммутации

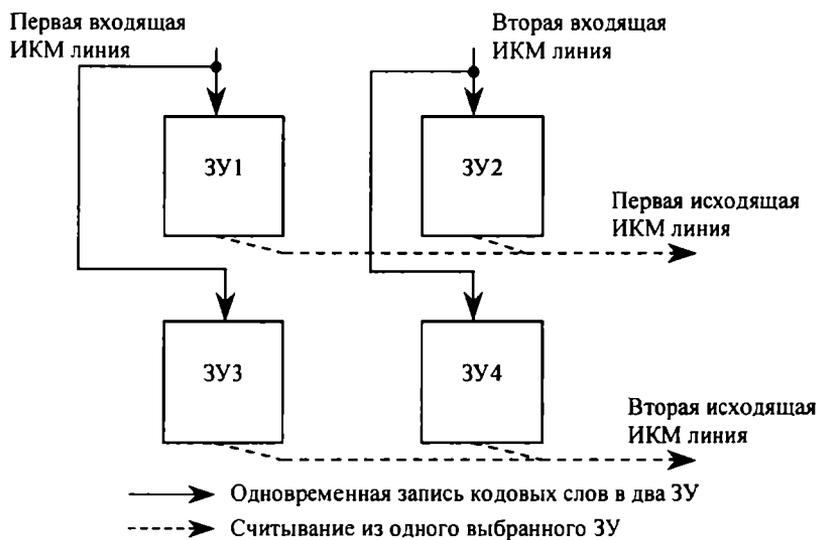


Рис. 2.16. Координатный способ построения S/T-ступени

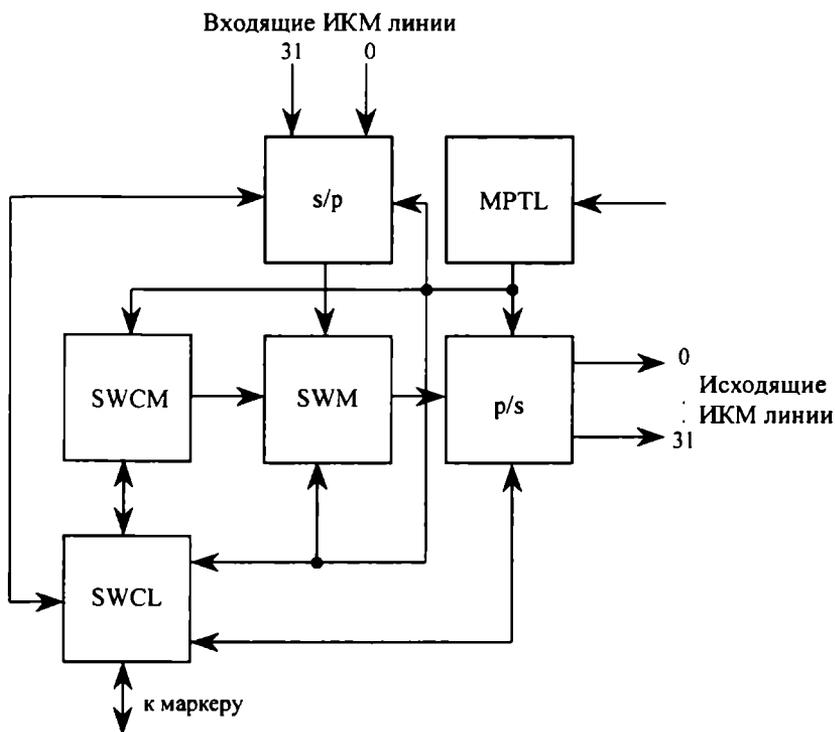


Рис. 2.17. Структурная схема блока пространственно-временной коммутации ЭАТС 200

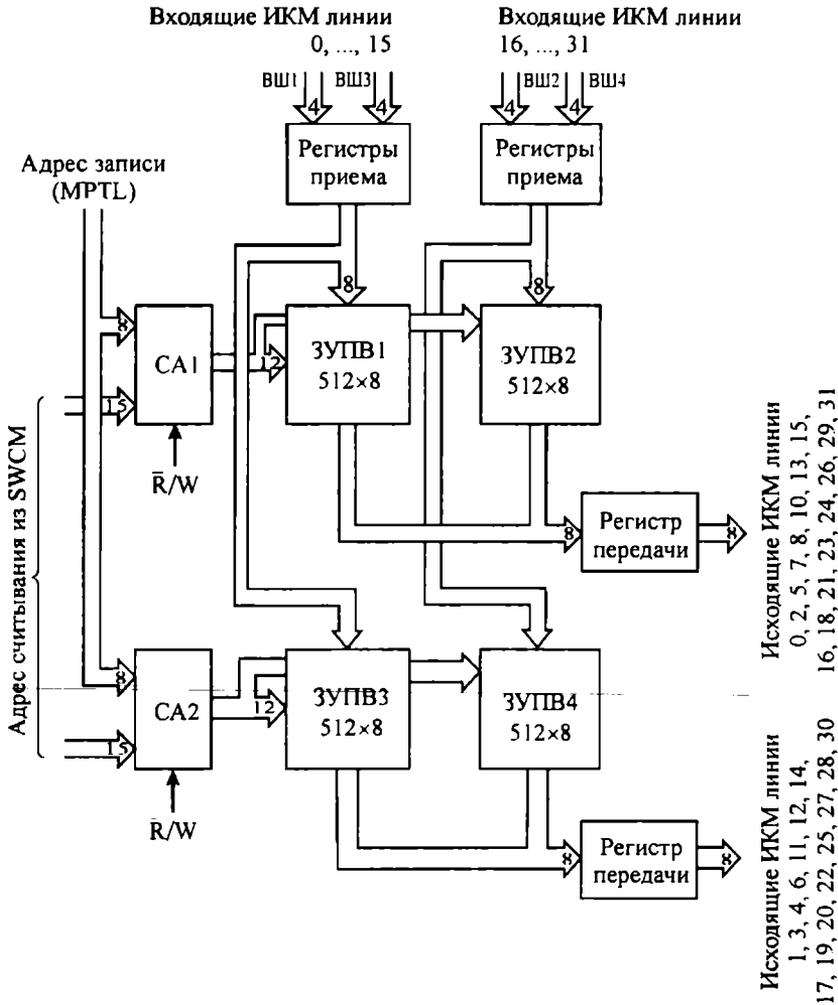


Рис. 2.18. Структурная схема платы SWM

ЗУПВ 512×8 – ЗУ с произвольной выборкой 512×8 бит; R/W – сигнал записи в ЗУ временной коммутации (SWM); ВШ1, ..., ВШ4 – входные шины; CA1, CA2 – селекторы адреса

Структурная схема модуля коммутации SWM представлена на рис. 2.18. Как видно из рисунка, входящие ИКМ линии разбиты на две группы (по 16 линий в каждой). На две группы разбиты и исходящие ИКМ линии. Такое разбиение позволило в два раза снизить скорость записи/считывания ЗУ с произвольной выборкой (ЗУПВ). Однако это привело к тому, что для передачи кодового слова из любой входящей в любую исходящую ИКМ линию требуется записать это слово в два ЗУПВ (например, в ЗУПВ1 и ЗУПВ3 для первой группы входящих ИКМ линий).

Емкость каждого ЗУПВ равна $16 \times 32 = 512$ кодовых слов (при 8-битовом кодовом слове), т.е. емкость ЗУПВ позволяет записать все кодовые слова цикла всех 16 входящих ИКМ линий.

Кодовые слова входящих ИКМ линий, поступающие в параллельной форме из преобразователя s/p , подаются в регистры приема по четырем входным шинам (ВШ). За каждой шиной закреплены определенные входящие ИКМ линии (табл. 2.1):

Таблица 2.1. Распределение ИКМ линий

Входная шина	Входящая ИКМ линия							
	0	2	4	6	8	10	12	14
1	0	2	4	6	8	10	12	14
2	1	3	5	7	9	11	13	15
3	16	18	20	22	24	26	28	30
4	17	19	21	23	25	27	29	31

Кодовые слова входящих ИКМ линий записываются в обе половины ЗУПВ (ЗУПВ1 и ЗУПВ3, ЗУПВ2 и ЗУПВ4) согласно адресам записи, сформированным блоком МРТЛ, который выполняет роль счетчика. Тем самым реализуется режим последовательной записи. За время длительности кодового слова (3,9 мкс) в обе половины ЗУПВ будет записано по кодовому слову из каждой входящей ИКМ линии.

В табл. 2.2 приведен порядок записи кодовых слов каждой входящей ИКМ линии. Например, если осуществляется запись кодового слова нулевого временного канального интервала каждой ИКМ линии, то при $t = 1$ в ЗУПВ1 и ЗУПВ3 по адресу 0 будут записаны четыре бита из нулевой входящей ИКМ линии, а по адресу 1 – четыре бита из первой, в ЗУПВ2 и ЗУПВ4 по адресу 16 будут записаны четыре бита из шестнадцатой входящей ИКМ линии, а по адресу 17 – четыре бита из семнадцатой. В следующий момент ($t = 2$) по тем же адресам записываются оставшиеся четыре бита кодовых слов.

Таблица 2.2. Порядок записи кодовых слов

Момент времени t	ИКМ линия	Биты записи
1	0, 1, 16, 17	1 4
2	0, 1, 16, 17	5 8
3	2, 3, 18, 19	1 4
4	2, 3, 18, 19	5 8
5	4, 5, 20, 21	1 4
6	4, 5, 20, 21	5 8
7	6, 7, 22, 23	1 4
8	6, 7, 22, 23	5 8
9	8, 9, 24, 25	1 4
10	8, 9, 24, 25	5 8
11	10, 11, 26, 27	1 4
12	10, 11, 26, 27	5 8
13	12, 13, 28, 29	1 4
14	12, 13, 28, 29	5 8
15	14, 15, 30, 31	1 4
16	14, 15, 30, 31	5 8

Рис. 2.19 иллюстрирует процесс считывания адреса коммутации из ЗУ, который управляет считыванием информации из речевых ЗУПВ. Этот адрес вырабатывается управляющими устройствами АТС по полученному номеру вызывающего и номеру вызываемого абонентов.

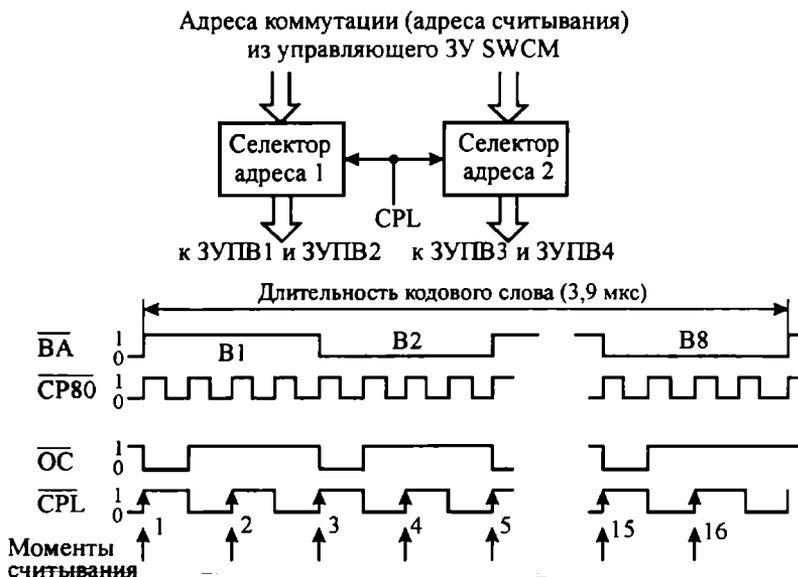


Рис. 2.19. Считывание адреса коммутации
BA – адрес записи/считывания, CP80 – тактовый сигнал 8,192 МГц,
OC – выбор адреса записи/считывания, CPL – разрешение считывания адреса

В табл. 2.3 указан порядок считывания адресов коммутации. Например, если необходимо установить соединение, при котором данное кодовое слово должно быть передано в заданном временном канальном интервале в четвертую исходящую ИКМ линию, то считывание будет производиться в момент $t = 16$ согласно адресу коммутации, содержащемуся в селекторе адреса 2 (этот адрес указывает, в какой ячейке ЗУПВ записаны 8 бит кодового слова заданной входящей ИКМ линии).

Таблица 2.3. Порядок считывания адресов коммутации

Момент времени	Адрес селектора		Момент времени	Адрес селектора	
	первого	второго		первого	второго
1	2	3	9	18	19
2	7	6	10	23	22
3	8	9	11	24	25
4	13	12	12	29	28
5	10	11	13	26	27
6	15	14	14	31	30
7	16	17	15	0	1
8	21	20	16	5	4

Считанные из ЗУПВ кодовые слова подаются в регистры передачи (рис. 2.20), а затем в преобразователи p/s . Запись и считывание в регистры приема, ЗУПВ и в регистры передачи,

как правило, разнесены во времени таким образом, чтобы не возникало блокировок при записи/считывании (см. табл. 2.2-2.4).

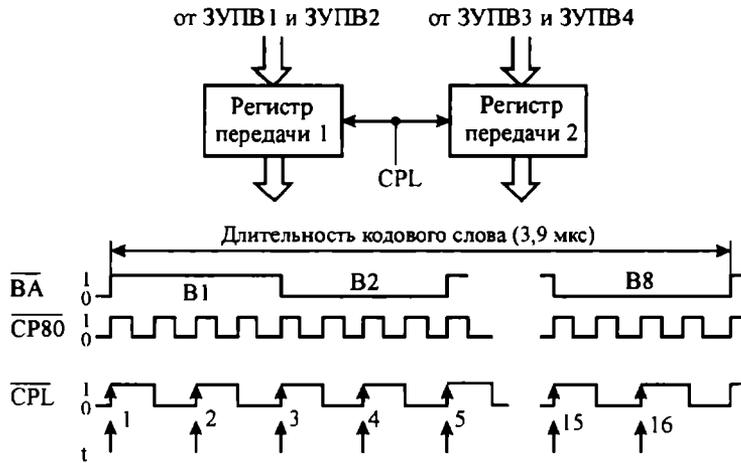


Рис. 2.20. Порядок передачи ИКМ слов в преобразователь p/s

Таблица 2.4. Порядок передачи адресов коммутации

Момент времени	Адрес селектора		Момент времени	Адрес селектора	
	первого	второго		первого	второго
1	5	4	9	21	20
2	2	3	10	18	19
3	7	6	11	23	22
4	8	9	12	24	25
5	13	12	13	29	28
6	10	11	14	26	27
7	15	14	15	31	30
8	16	17	16	0	1

2. Использование мультиплексоров и демultipлексоров

Примером такого подхода в построении S/T-ступени является БИС, разработанная итальянскими специалистами для цифровой системы PROTEL UT и получившая название интегрального коммутационного элемента (ECI).

ECI является S/T-ступенью с параметрами S/T: (8/32)×(8/32). Микросхема ECI может прямо подключаться к шине 8-битового процессора и является для него стандартным периферийным устройством. На рис. 2.21 показана ее структурная схема.

В схеме ECI можно выделить следующие функциональные блоки: синхронизирующее устройство (ТВ); преобразователи последовательного кода ИКМ кодового слова в параллельный и наоборот (s/p и p/s); речевое ЗУ (SM); управляющее ЗУ (CM); логический интерфейс микропроцессора (μPLI); мультиплексоры (мультиплексор адреса управляющей памяти – MUX SM ADDR, мультиплексор внутренней ИКМ шины – MUX IB, мультиплексор адреса речевой памяти – MUX CM ADDR).

Синхронизирующее устройство ТВ генерирует и формирует все необходимые синхронизирующие сигналы, используя два внешних сигнала – 4 кГц и 4,096 МГц. В частности, устройство задает два счетчика (входной и выходной) для преобразователей *s/p* и *p/s*. Кроме того, из синхросигнала 4 кГц схема ТВ задает три счетчика: СТ1, СТ2 и СТ3.

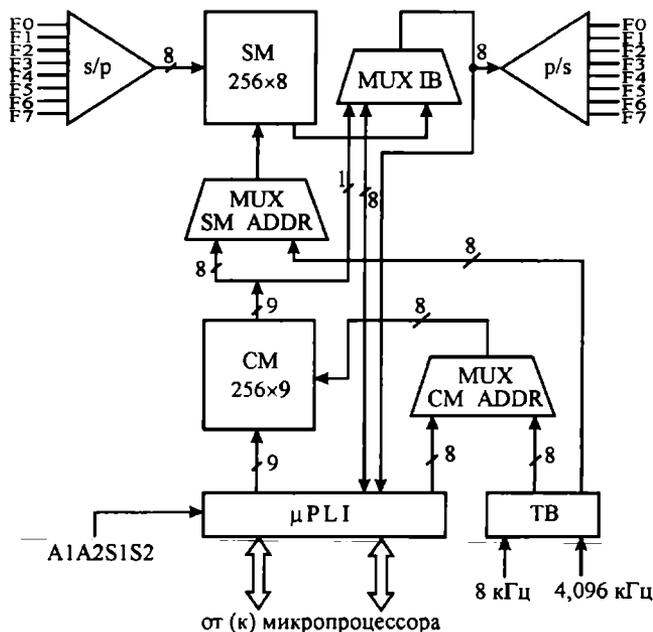


Рис. 2.21. Структурная схема ECI

Первый счетчик (СТ1) формирует отсчет длительности одного канального интервала (примерно 4 мкс). Второй и третий счетчики (СТ2 и СТ3) работают синхронно со счетчиком СТ1 и вырабатывают последовательные канальные адреса для чтения из управляющего ЗУ и записи в речевое ЗУ соответственно.

Речевое ЗУ организовано в виде 8 полей по 32 строки и 8 столбцов. Каждое поле соответствует номеру бита в кодовом слове, каждая строка – номеру канального интервала в структуре цикла ИКМ-30, а каждый столбец – номеру входящей ИКМ линии. Рабочий цикл ЗУ (около 4 мкс) – разделен на два подинтервала по 2 мкс каждый.

Первый подинтервал содержит восемь циклов длительностью 250 нс каждый. В первом цикле в речевое ЗУ записываются по соответствующим адресам 8 бит из каждой линии ИКМ-30. Остальные циклы используются для связи с логическим интерфейсом микропроцессора и приема адреса считывания из управляющего ЗУ. Во втором подинтервале осуществляется считывание 8 бит кодовых слов согласно адресам, полученным из управляющего ЗУ.

Управляющее ЗУ имеет 9 полей по 32 строки и 8 столбцов. Каждое поле соответствует номеру канального интервала в структуре цикла ИКМ-30 (одно поле для проверочных бит). Адреса записаны в управляющем ЗУ так же, как и в речевом.

Рабочий цикл управляющего ЗУ организован аналогично рабочему циклу речевого ЗУ. Во время первого подинтервала ЗУ связано с микропроцессором для получения управляющих сигналов. Во втором подинтервале по сигналам счетчиков СТ1 и СТ2 восемь раз про-

изводится считывание адресов для управления речевым ЗУ, которые состоят из адресов считывания в речевом ЗУ ((1...8)-й биты) и одного проверочного бита для управления работой внутренней ИКМ линии.

Логический интерфейс микропроцессора обеспечивает связь ЕСІ с микропроцессором типа Z-80, из которого приходят сигналы для записи и считывания информации в ЕСІ.

Входы *A1, S1, A2, S2* (рис. 2.21) позволяют включить в единую коммутационную схему несколько ЕСІ. Например, для получения емкости ступени 1024×1024 канальных интервалов необходимо объединить восемь ЕСІ.

Следует отметить, что в последнее время несколько фирм объявили о создании специализированных БИС для ступеней коммутации, что объясняется возможностью построения коммутационного поля с меньшими значениями величины блокировок, чем при реализации на интегральных схемах (ИС) общего пользования, а также повышением надежности благодаря реализации оборудования коммутационного поля с помощью меньшего числа элементов и их взаимных связей, и дальнейшим снижением стоимости оборудования коммутационного поля, обусловленным большими объемами выпуска специализированных БИС ограниченного числа типов.

Использование для построения *S/T*-ступени кольцевых соединителей основано на несколько иных принципах, поэтому такие решения рассмотрим отдельно.

2.5. Кольцевые соединители

Кольцевые структуры находят применение в целом ряде областей связи. Прежде всего это кольцевые системы передачи с временным группообразованием, которые по существу имеют конфигурацию последовательно соединенных однонаправленных линий, образующих замкнутую цепь или кольцо (рис. 2.22). При этом в каждом узле сети реализуются две основные функции:

- 1) каждый узел работает как регенератор, чтобы восстановить входящий цифровой сигнал и передать его заново;
- 2) в узлах сети опознается структура цикла временного группообразования и осуществляется связь по кольцу посредством удаления и ввода цифрового сигнала в определенных канальных интервалах, приписанных к каждому узлу.

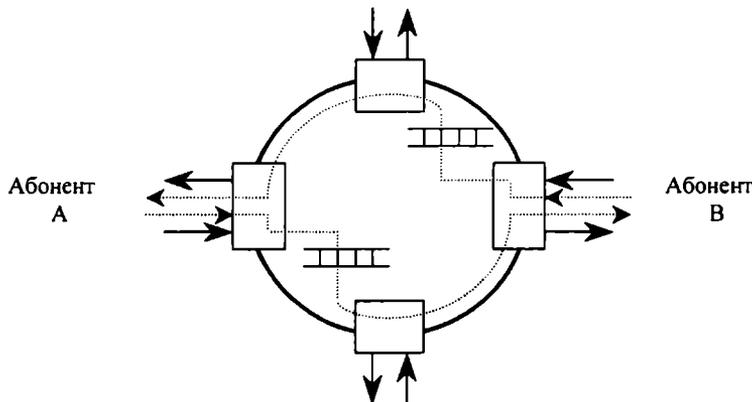


Рис. 2.22. Структура кольцевой системы передачи

Возможность перераспределения канальных интервалов между произвольными парами узлов в кольцевой системе с временным группообразованием означает, что кольцо является распределенной системой передачи и коммутации. Идея одновременности передачи и коммутации в кольцевых структурах была распространена на цифровые коммутационные поля.

В такой схеме с помощью единственного канала между любыми двумя узлами может быть установлено дуплексное соединение. В этом смысле кольцевая схема выполняет пространственно-временное преобразование координат сигнала и может быть рассмотрена как один из вариантов построения S/T -ступени.

На рис. 2.23 показана простейшая реализация ступени пространственно-временной коммутации. Кольцевую структуру для передачи информации образуют передающая T_x и приемная R_x шины вместе с устройством задержки. Передача и прием кодовых слов осуществляются с помощью ключей, включаемых сигналами s_1, s_2, \dots, s_N стробирующего генератора. Последний управляется микропроцессором, который рассчитывает необходимые временные канальные интервалы для каждого соединения. Информация автоматически «вращается» внутри кольца. Для осуществления коммутации в такой схеме необходимо лишь задержать цифровой сигнал на время, равное половине длительности цикла, что проиллюстрировано в табл. 2.5.

Таблица 2.5. Пример коммутации в цифровом КП

Канальный интервал в цикле	0	1	...	4	5	6	...	20	21		31	0	1		5
Управляемый ключ					3				10						3
Сигналы стробирующего генератора					S_3				S_0 S_3						S_3 S_{10}

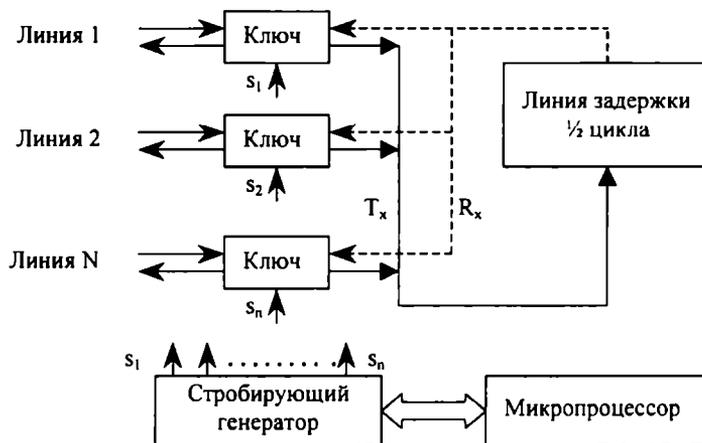


Рис. 2.23. Кольцевая S/T -ступень с задержкой на полпериода

Например, информация (кодированное слово) из линии 3 должна быть передана в линию 10 и наоборот. Микропроцессор определил свободный 5-й канальный интервал и занял его для линии 3. В целях осуществления коммутации для линии 10 должен быть занят 21-й ($5+1/2$

цикла = $5 + 32/2 = 21$) каналный интервал в цикле. Пройдя по кольцу, кодовое слово из линии 3 будет передано в линию 10 включением соответствующего ключа. Теперь необходимо передать кодовое слово из линии 10 в линию 3. Для этой цели после считывания линией 10 (или одновременно со считыванием) кодового слова из 21-го каналного интервала туда же будет записано кодовое слово, предназначенное для линии 3. Задержка в кольце приведет к тому, что эта информация попадет в 5-й ($21 + 16 = 37 = 32 + 5 = 5$) каналный интервал следующего цикла. Таким образом, для коммутации линий 3 и 10 требуются 5-й и 27-й каналные интервалы циклов.

Отметим, что такое построение *S/T*-ступени характеризуется жесткой зависимостью между выбираемыми для передачи информации каналными интервалами в цикле.

Отсутствием такой жесткой зависимости отличается *S/T*-ступень, упрощенная схема которой показана на рис. 2.24. Использование *T*-ступеней в коммутационных модулях, централизованное управление *T*-ступенями и ключами позволяет записывать и считывать информацию в любом временном каналном интервале цикла.

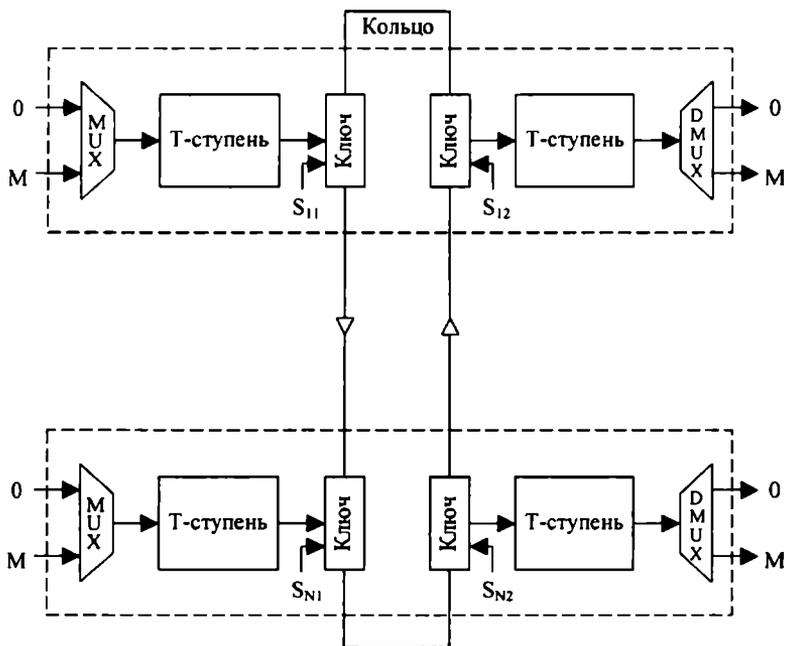


Рис. 2.24. Кольцевая *S/T*-ступень

MUX – мультиплексор, DMUX – демультиплексор, s_{ij} – стробирующие импульсы

Кольцевые *S/T*-ступени рассмотренного типа обладают двумя существенными недостатками:

1) в случае разрыва кольца вся система коммутации выходит из строя, поэтому необходимо дублировать кольцо;

2) увеличение скорости передачи информации по кольцу прямо пропорционально числу временных каналных интервалов коммутационного модуля и в кольце (очевидно, что информация, передаваемая по кольцу, должна делать оборот за 125 мкс, поэтому увеличение числа каналных интервалов в цикле приведет к росту скорости передачи). При *T*-ступени

512 канальных интервалов и использовании мультиплексоров на 16 входящих ИКМ линий емкость станции на таком кольце составит около 2000 абонентов.

Примером реализации S/T -ступени на основе кольцевой схемы может служить цифровой коммутационный элемент (ЦКЭ), используемый при построении цифровых КП станций ИТТ 1240 и Alcatel 1000 S12. Например, ЦКЭ станции ИТТ 1240 представляет собой кольцевую 39-линейную параллельную шину с 16 коммутационными портами (рис. 2.25).



Рис. 2.25. Структурная схема ЦКЭ

— В каждый коммутационный порт включаются входящая и исходящая ИКМ линии, т.е. порт образует тракт двусторонней передачи ИКМ сигналов. Формат ИКМ линии содержит 32 канальных интервала с кодовым словом 16 бит и скоростью передачи 4096 Кбит/с.

Отметим характерные особенности ЦКЭ:

1) управляющая информация передается *совместно* с речевым сигналом (потому кодовое слово внутри ступени состоит из 16 бит: 8 бит речевого сигнала + 8 бит управления);

2) шина ЦКЭ синхронизирована по частоте, но не по фазе, что исключает ограничение на длину линии ИКМ. Однако на входе ЦКЭ синхронизация осуществляется по частоте и по фазе. Каждый ЦКЭ выбирает одну из двух стандартных частот синхрогенераторов A или B и генерирует местные тактовые импульсы для работы внутренней шины и исходящих ИКМ линий;

3) отсутствует общий механизм или процессор для управления ЦКЭ. ЦКЭ управляется коммутационными портами, работающими совместно по кольцевой шине с временным разделением каналов. Порты устанавливают соединение независимо друг от друга, подобно тому, как выполняется соединение в декадно-шаговых АТС и получают управляющее слово от управляющего устройства оконечного модуля (ОМ) (на рисунке не показан). Во входы ОМ включаются терминалы, на выходе – ИКМ-30 с 16-битовым словом. При этом ОМ функцию коммутации не осуществляет.

В заключение отметим, что ступени пространственно-временной коммутации всех типов могут использоваться как цифровое коммутационное поле АТС небольшой емкости (до 5-8 тыс. абонентов) или как одна из ступеней многозвенных цифровых коммутационных полей.

Глава 3

Цифровые коммутационные поля

3.1. Принципы построения цифровых коммутационных полей

В коммутационной технике принято разделять понятия коммутационной станции и коммутационной системы. Под *коммутационной станцией* подразумевают совокупность технических средств связи, обеспечивающих коммутацию абонентских и соединительных линий при осуществлении оконечных и транзитных соединений в сети связи. В зависимости от назначения станции бывают местными (сельскими), опорными, транзитными, междугородными, международными. *Коммутационная система* отражает принципы внутреннего построения коммутационной станции и представляет собой совокупность технических средств, предназначенных для осуществления оперативной коммутации. В зависимости от типа коммутационных приборов и управляющих устройств различают системы: декадно-шаговые, координатные, квазиэлектронные, электронные и др. Коммутационная система, реализующая функцию цифровой коммутации, получила название *цифровой системы коммутации* (ЦСК).

В дальнейшем будем разграничивать понятия цифровой коммутационной системы (при изложении принципов ее работы) и цифровой станции (при описании различных АТС, которые могут быть реализованы на основе данной коммутационной системы).

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

Цифровое КП (ЦКП) 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.

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

Отметим основные особенности построения *многозвенных* цифровых КП.

1. Цифровые КП строятся с использованием определенного числа модулей. *Модульность* позволяет обеспечить легкую приспособляемость системы к изменению емкости, удобство и простоту эксплуатации, технологичность производства за счет сокращения разнотипных блоков. Кроме этого, благодаря модульному построению КП упрощаются управление системой и ее программное обеспечение, что очень важно при разработке и при наладке и эксплуатации системы.

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. Такое КП оказывается симметричным относительно средней линии, разделяющей его на две части. Именно симметричные цифровые КП удобнее всего строить на однотипных модулях, поэтому свойства симметричности и модульности являются взаимодополняющими.

3. Цифровые КП почти всегда являются *дублированными*, что связано с критичностью неполадок в коммутационном поле к функционированию всей системы в целом. При этом обе части КП (часто их называют плоскостями) работают синхронно и выполняют одни и те же действия. Но для реальной передачи информации используется только одна из них, которая считается активной. Вторая часть находится в «горячем резерве», и в случае неполадок или сбоев в активной части происходит автоматическое переключение. При территориально разнесенных цифровых КП осуществляют дублирование каждой территориально разнесенной группы, а между плоскостями обеих групп организуется прямое и перекрестное соединение, что позволяет сохранить работоспособность системы в целом при выходе из строя разноименных плоскостей в разных группах (рис. 3.1).

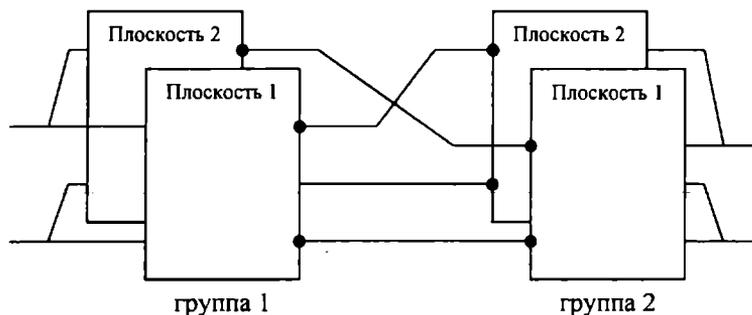


Рис. 3.1. Дублирование цифрового КП

4. Цифровые КП являются *четырёхпроводными*, поскольку цифровые линии, по которым передаются времяуплотненные ИКМ сигналы, также четырёхпроводные.

В целом работа ЦСК может быть описана *системной функцией F*, которая состоит из последовательности операций f_i и определяется выражением $F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$.

Реализация системной функции F в полном объеме означает выполнение АТС всех операций по установлению соединений, контролю, диагностике, оплате разговоров и т.д. На практике системная функция реализуется по частям благодаря выполнению подмножества операций $\{f_i\}$ (например, вследствие реализации операций по установлению соединения).

В процессе создания система коммутации делится на отдельные функциональные блоки (модули), при этом системная функция F может быть распределена по этим блокам несколькими способами.

1. *Концентрация* системной функции F в одном функциональном блоке представляет собой многократную реализацию (m раз) функции F в этом блоке.

2. Если АТС составлена из n одинаковых функциональных блоков, при этом каждый блок многократно реализует системную функцию F , то этим осуществляется *деконцентрация* системной функции F по n одинаковым блокам. При этом возможны два варианта дисциплины обслуживания поступающих на АТС заявок:

а) источники нагрузки случайно распределяются между функциональными блоками – такая дисциплина обслуживания получила название *распределения нагрузки*;

б) источники нагрузки разбиты на группы, и каждая группа обслуживается своим блоком (возможен вариант обслуживания любым свободным функциональным блоком) – такая дисциплина называется *разделением источников нагрузки*.

3. Если АТС состоит из нескольких функциональных блоков и при этом каждый блок реализует лишь часть операций, входящих в системную функцию F , то для полной реализации всей системной функции необходима совместная работа всех блоков. Такое распределение системной функции носит название *децентрализации*. Дисциплина обслуживания заявок на АТС при децентрализации называется *распределением функций*.

Система коммутации каналов в целом характеризуется степенью выполнения в ней четырех принципов: концентрации – децентрализации и централизации – децентрализации (рис. 3.2).

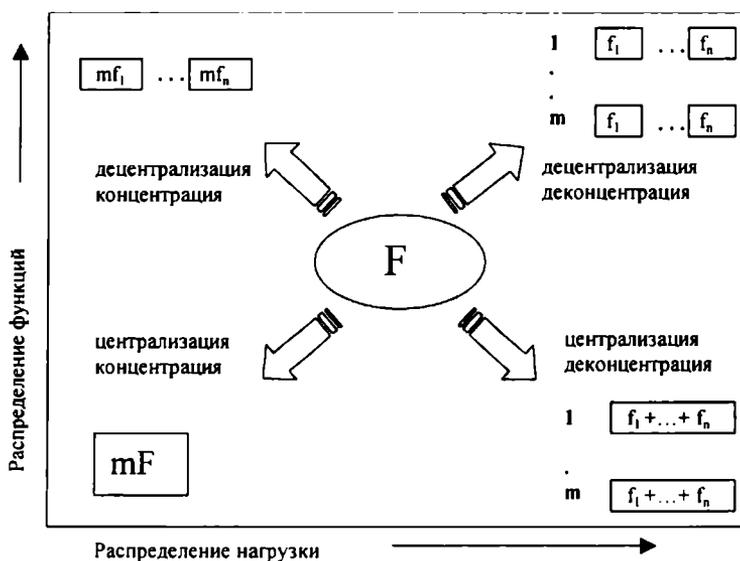


Рис. 3.2. Принцип распределенности системы

Общие соотношения, показанные на рис. 3.2, позволяют ввести еще одно важное понятие. Будем называть систему коммутации каналов *распределенной*, если при ее построении использовались глубокая децентрализация (распределение функций) и деконцентрация (распределение нагрузки).

Традиционно в цифровых коммутационных системах говорят о распределенности управления и распределенности коммутации, при этом нет точных границ степени распределенности (распределенные системы коммутации могут быть построены разными способами в зависимости от принятых проектных решений).

При рассмотрении децентрализации системной функции и введении понятия «распределение функций» не оговаривалась возможность подчинения одних операций системной функции другим. Если при децентрализации системной функции такая подчиненность существует, то вводится понятие *иерархии*. При этом обычно выделяют два уровня иерархии: *иерархию операций* и *иерархию функциональных блоков*, по которым распределены операции.

3.2. Классификация цифровых КП

Модульное построение современных цифровых коммутационных систем позволяет использовать их в качестве любой станции или узла связи. В ЦСК выделяют основную, неизменную часть оборудования, добавление к которой дополнительного оборудования позволяет получить любую станцию сети связи. Аналогично систему коммутации ЦСК можно разделить на основное цифровое КП и дополнительные коммутационные элементы, которые обеспечивают концентрацию абонентской нагрузки, создание групповых трактов или преобразование цифровых потоков. В данной главе будут рассматриваться структуры основных цифровых КП.

С учетом симметричности и модульности построения все множество синхронных цифровых КП с функциональной полнотой коммутации можно разделить на пять классов. 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.

Определение оптимальных форм сочетания временных и пространственных ступеней коммутации – сложная проблема, которая не может быть решена отдельно от других задач, возникающих при построении цифровых КП: построение систем управления и группообразования, выбор способов коммутации (параллельный или последовательный), оптимизация соотношения между временной и пространственной ступенями коммутации и др.

При построении ЦСК большой емкости необходимо принимать во внимание, что при уменьшении временной ступени коммутации могут возникнуть следующие проблемы:

- сложность обеспечения заданного качества обслуживания абонентов при превышении нормативной нагрузки из-за отсутствия свободных временных каналов исходящих линий, согласованных во времени с соответствующими свободными каналами входящих линий;
- трудность обеспечения поступления ИКМ сигналов на элементы коммутации S-ступени в строго определенные моменты времени, кратные циклу 125 мкс.

Исходя из этого, а также с учетом стремительного развития полупроводниковых БИС, становится выгодным строить ЦКП с полной временной и уменьшенной пространственной ступенями коммутации. При этом на временную ступень возлагаются задачи не только по временному сдвигу коммутируемых сигналов, но и по синхронизации, выравниванию времени распространения сигналов по линии связи, а также уменьшению внутренних блокировок.

3.3. Цифровые КП первого класса

На начальных этапах развития цифровых коммутационных систем из-за высокой стоимости ЗУ основу ЦКП составляли звенья пространственной ступени коммутации. Такие АТС как Sintel, DEX-T имели структуру поля типа S - S при параллельном способе коммутации. Однако, как указывалось в гл.2, пространственные коммутаторы имеют большую вероятность внутренних блокировок, поэтому на практике получили распространения структуры, где пространственные ступени коммутации разделены временными ступенями.

Цифровые поля первого класса объединяют все симметричные КП, состоящие из T - и S -ступеней, где начальное и конечное звенья являются S - ступенями. Цифровые КП этого класса реально имеют $k = 1, 2$ каскадов S - и $r = 1$ каскадов T -, т.е. имеют структуру S - T - S или S - S - T - S - S . Дополнительный каскад пространственной коммутации служит для увеличения пропускной способности КП, но не влияет на принципы установления соединений.

Базовая структура при $k = r = 1$ позволяет строить цифровые КП малой емкости. Графическое изображение такого трехзвенного поля показано на рис. 3.3. Первый и третий каскады имеют по одному пространственному коммутатору $N \times M$ цифровых трактов, а второй каскад содержит T -ступень, состоящую из M временных коммутаторов. Емкость цифрового КП определяется параметром N S -ступени и количеством каналов n в цифровой линии и рассчитывается как $N \times n$. Так, при использовании ЦСП ИКМ-30 и пространственных коммутаторов 16×16 емкость КП составит 512 канальных интервалов.

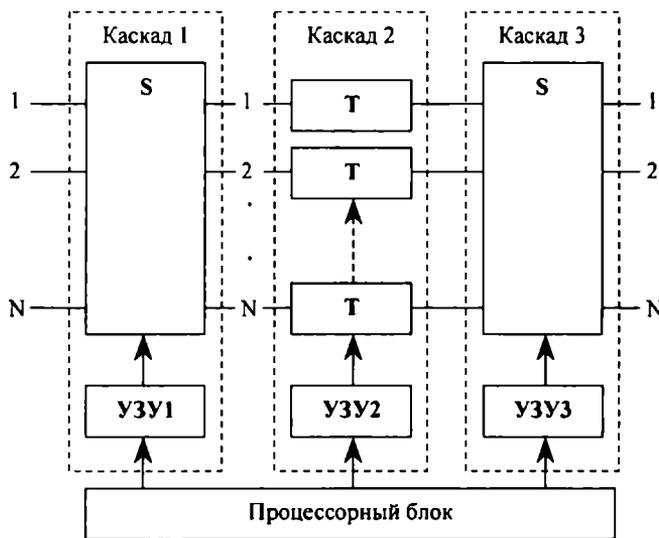


Рис. 3.3. Базовая структура цифрового КП первого класса

Алгоритм работы такой схемы следующий. Пусть, например, необходимо осуществить коммутацию КИ1 первой входящей линии с КИ5 четвертой выходящей линии и пусть в КП реализуется алгоритм «произвольная запись – последовательное считывание». Тогда на первом этапе процессорный блок определяет элемент T -ступени, в которой свободна ячейка памяти, соответствующая КИ5. Пусть таким оказался второй элемент. После этого:

- в соответствующую ячейку УЗУ1 заносится адрес первой входящей линии, соотносимый с временным интервалом КИ1;

- в соответствующую ячейку УЗУ2 заносится адрес второго элемента T -ступени, соотносимый с временным интервалом КИ5;
- в соответствующую ячейку УЗУ3 заносится адрес четвертой выходящей линии.

Тогда в КИ1 кодовая комбинация из первой входящей линии записывается во второй элемент T -ступени в ячейку памяти, соответствующую КИ5. Во временной промежуток КИ5 эта кодовая комбинация считывается из памяти и поступает на четвертую выходящую линию.

Алгоритм «произвольная запись – последовательное считывание» может приводить к внутренним блокировкам, поскольку позволяет использовать только ячейки памяти T -ступени, соответствующие одноименному каналному интервалу. Для реализации алгоритма «произвольная запись – произвольное считывание» необходимо во втором каскаде использовать два УУ, одно для управления записью, другое для управления считыванием.

Степень пространственной коммутации может выполняться на ПЛМ и на мультиплексорах. Максимально большая многокаскадная S -матрица 96×96 использовалась в System X (Великобритания). Однако уже на первых этапах реализации таких КП стали применять не базовую структуру, а ее подструктуру (рис. 3.4), поскольку это позволяет значительно увеличить емкость коммутационного поля. Трехзвенные цифровые КП такого вида могут иметь емкость порядка 16 тыс. каналных интервалов.

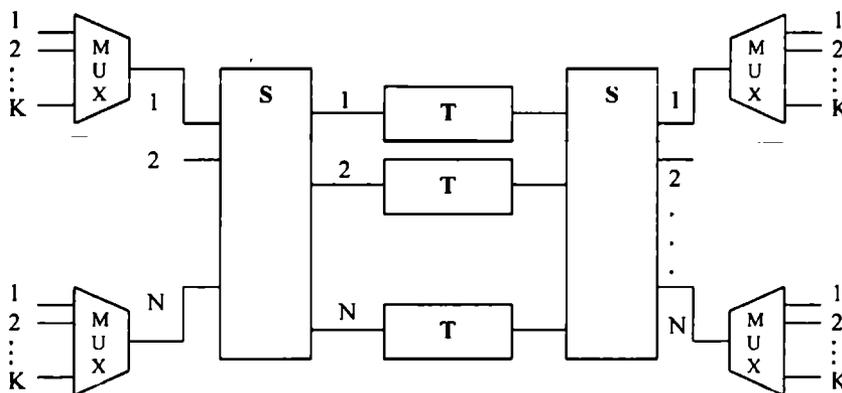


Рис. 3.4. Подструктура цифрового КП первого класса

Многокоординатные ЦСК с КП первого класса не нашли широкого применения из-за своей сложности и необходимости применения на входе дополнительных элементов памяти, обеспечивающих функцию выравнивая временных каналов входящих линий связи. Поэтому производители были вынуждены искать другие способы увеличения емкости цифровых КП.

3.4. Цифровые КП второго класса

Уменьшение стоимости элементов памяти в начале 70-х годов позволило начать внедрение цифровых КП второго класса. Среди синхронных КП этого типа наибольшее распространение получили подструктуры с применением предварительного мультиплексирования и последующего демультиплексирования, поскольку базовые структуры КП второго класса имели малую емкость. Упрощенные структурные схемы базовой структуры T - S - T и подструктуры MUX - T - S - T - $DMUX$ показаны соответственно на рис. 3.5 (а и б).

Отметим некоторые особенности построения таких КП.

1) Применение дополнительных ступеней пространственной коммутации увеличивает емкость и пропускную способность поля, но не влияют на принципы его функционирования.

2) Предварительное мультиплексирование (рис. 3.5, б) фактически обеспечивает вторичное уплотнение входящих цифровых трактов, а последующее демultipлексирование восстанавливает их, что приводит к увеличению пропускной способности цифрового КП без применения дополнительных S -ступеней.

3) 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.

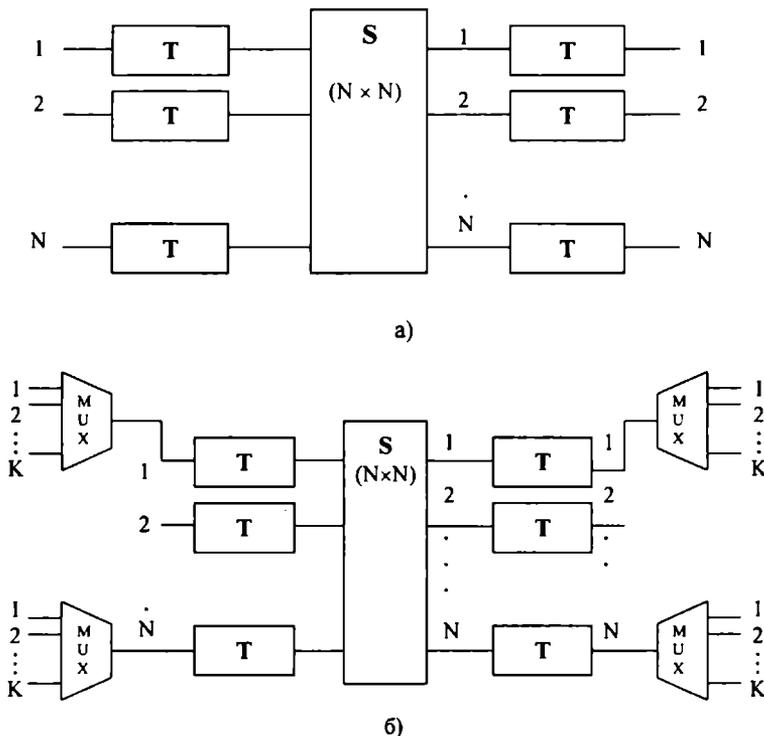


Рис. 3.5. Структуры цифрового КП второго класса

Рассмотрим некоторые варианты реализации цифровых КП второго класса.

1. Цифровое поле MUX-T-DMUX (в выражении для подструктуры $r = 0$).

Цифровые КП такого типа использовались при создании АТС малой емкости и имели наименьшую стоимость. Максимальное уменьшение емкости T -ступени было предложено японскими специалистами. В такой схеме (рис. 3.6) T -ступени имеют параметры $T: 8 \times 8,8$ и коммутируют одноименные биты кодовых слов всех восьми входящих ИКМ линий. Такое решение позволяет иметь одно управляющее ЗУ для всех восьми речевых ЗУ T -ступени. Особенностью этой схемы является использование двух мультиплексоров – первичного и вторичного, что связано с использованием в качестве входящих и исходящих линий стандартных ИКМ линий.

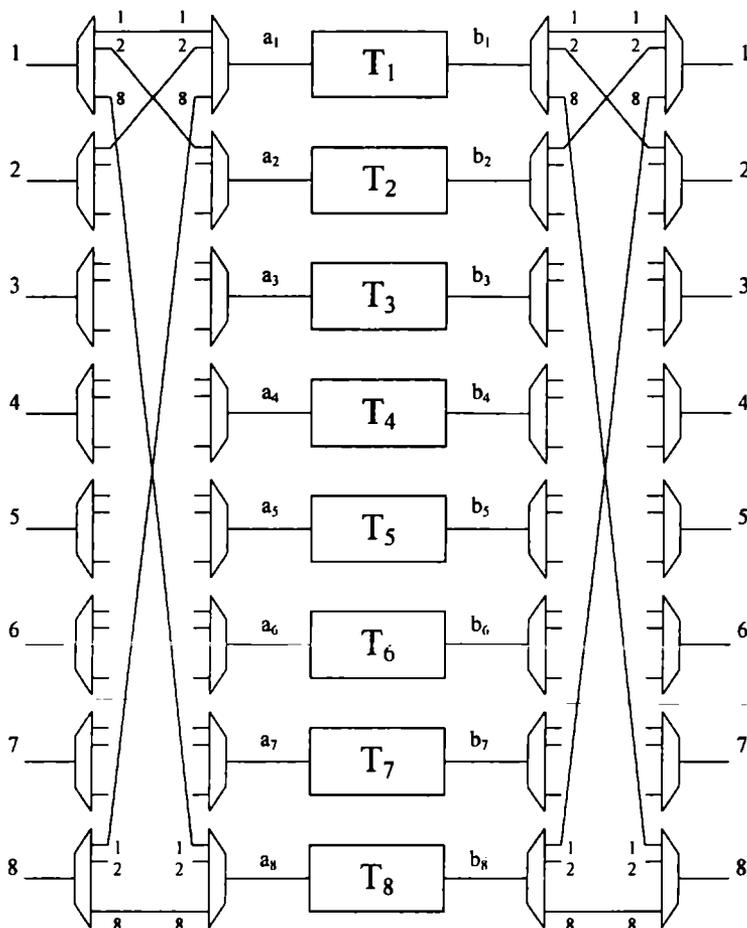


Рис. 3.6. Пример подструктуры MUX-T-DMUX

2. Цифровое поле MUX-T-S-T-DMUX (в выражении для подструктуры $k = r = 1$).

Подавляющее количество трехзвенных цифровых КП второго класса имеют коммутационную подструктуру MUX-T-S-T-DMUX. В такие цифровые КП можно включать свыше 60 тыс. канальных интервалов или, при использовании концентраторов, свыше 100 тыс. абонентских линий. Емкость такого КП определяется скоростью цифровых потоков групповых трактов (например, числу канальных интервалов цикла ИКМ линии) и параметрами S -ступени. Например, при емкости входящей T -ступени равной 512 КИ и пространственном коммутаторе 32×32 емкость КП составит 16384 канальных интервалов.

Принцип функционирования цифрового КП этого типа рассмотрим на примере структурной схемы, изображенной на рис. 3.7. Входящая T -ступень имеет речевые ЗУ ($PЗУ_0 - PЗУ_m$), куда поступают кодовые слова входящих ИКМ линий. Цикл ИКМ линий после мультиплексирования имеет определенное количество канальных интервалов (например 512 или 1024), каждый из которых содержит, как правило, по 8-битному параллельному кодовому слову. Обычно доступ в ячейки памяти РЗУ первого каскада для записи кодовых

слов является последовательным, а для считывания – произвольным. Тогда, для максимальной симметрии в алгоритме поиска соединительного пути в КП, в третьем каскаде (исходящей T -ступени), наоборот, используют режим произвольного доступа для записи и последовательный для считывания. Перезапись кодовых слов из РЗУ первого каскада в РЗУ третьего каскада допускается в любом временном отрезке в течение цикла передачи и с использованием любой свободной промежуточной ИКМ линии между T и S ступенями.

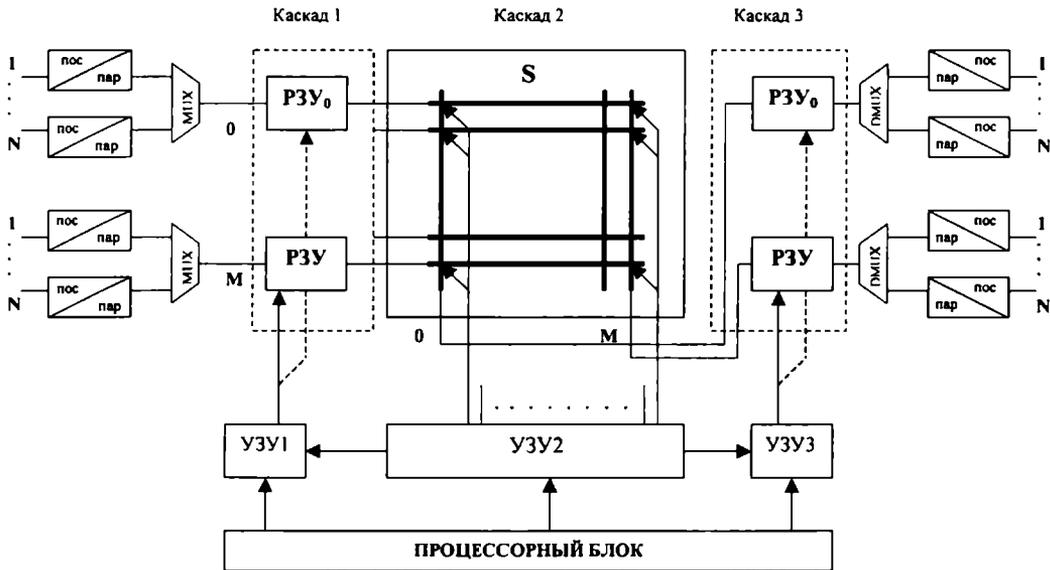


Рис. 3.7. Коммутационное поле MUX-T-S-T-DMUX

Управление речевыми ЗУ входящей и исходящей T -ступеней осуществляют соответственно управляющие ЗУ (УЗУ1 и УЗУ3), емкость которых равна количеству адресов, соответствующих числу канальных интервалов цикла ИКМ линии. Управление S -ступеню осуществляет УЗУ2. Каждая ячейка УЗУ2 содержит адрес точки коммутации коммутационной матрицы S -ступени, которая должна быть замкнута в нужный канальный интервал.

Предположим, что необходимо произвести коммутацию КИ2 входящей линии 0 и КИ10 выходящей линии М. (В данном случае в качестве входящей/исходящей ИКМ линии для коммутационного поля рассматривается уплотненная линия после блока мультиплексирования.) Пусть для передачи кодового слова из входящей T -ступени в S -ступень процессор выбрал КИ7 промежуточной ИКМ линии. Тогда в ячейку памяти УЗУ1, соответствующую РЗУ₀, будет записан адрес ячейки 2. В УЗУ2 S -ступени записывается информация о том, что ключ 0М (горизонталь 0, вертикаль М) должен быть замкнут в течение канального интервала 7 промежуточного ИКМ цикла. В ячейку памяти УЗУ3, соответствующую РЗУ_м записывается адрес ячейки 10.

После проверки правильности записи данных в указанные ячейки передается разрешение на коммутацию и соединение считается установленным. Тогда в течение канального интервала 2 цикла входящей ИКМ линии кодовое слово записывается в ячейку 2 РЗУ₀. Это слово находится там до наступления времени КИ7 промежуточной ИКМ линии, когда

из УЗУ2 считывается адрес 2 произвольного считывания из РЗУ₀ первого каскада, а из УЗУ3 адрес 10 записи в РЗУ_м третьего каскада. В течение КИ7 кодовое слово подается на нулевую входящую горизонталь S-ступени, снимается с выходящей вертикали M и записывается в ячейку 10 РЗУ_м. Затем с помощью последовательного считывания в течение канального интервала 10 цикла исходящей ИКМ линии кодовое слово считывается в выходящую линию M.

Если проследить развитие ЦКС с цифровым КП структуры T-S-T (табл. 3.1), то можно сделать интересный вывод: практически все производители цифровых АТС (ЦАТС) осуществляют увеличение емкости трехзвенного КП в основном за счет увеличения размера S-ступени. Однако, при определенных условиях это приводит к ряду технических затруднений и повышению стоимости поля. Поэтому становится экономически выгодно перейти к структуре с большим количеством звеньев.

Таблица 3.1. Сравнительные характеристики ЦАТС

Тип ЦАТС	Размер T-ступени	Размер S-ступени	Емкость КП (КИ)
KB 270	1024×1024	4×4	4096
D 70	1024×1024	16×16	16384
D 60	1024×1024	32×32	32768
FETEX 150	1024×1024	64×64	65536
АХЕ 10	512×512	32×32	16384
---	---	64×64	32768
---	---	128×128	65536

3. Цифровое поле MUX-T-S-S-T-DMUX (в выражении для подструктуры $k = 1, r = 2$).

Из всех возможных вариантов многозвенных цифровых КП подструктуры второго класса, на практике распространение получили лишь немногие. Прежде всего, это структура MUX-T-S-S-T-DMUX. В качестве примера рассмотрим цифровое КП японской системы NEAX 61 (рис. 3.8). Оно имеет ярко выраженный модульный характер. В виде модулей оформлены S- и T-ступени. Шесть модулей T-ступеней составляют один сетевой модуль. Расширение КП производится такими же модулями (максимально – 22 модуля). Максимальная емкость цифрового КП при T: 512×512, S1: 6×24, S2: 24×6 составляет 512×6×22 = 67584 канальных интервала. Сопоставление этой структуры поля с характеристиками КП системы АХЕ 10 (см. табл. 3.1) показывает, что одинаковая с АХЕ 10 емкость достигается при использовании T-ступеней и двух S-ступеней меньшей емкости.

Цифровое КП АТС NEAX 61 максимальной емкости способно пропустить нагрузку порядка 27 000 Эрл. Однако дальнейшее увеличение пропускной способности поля подструктуры второго класса было возможным только при увеличении количества S-ступеней.

4. Цифровое поле MUX-T-S-S-S-S-T-DMUX.

Примером данной подструктуры (в выражении для подструктуры $k = 1, r = 4$) является цифровое КП международной АТС №4 ESS (компании Bell, США). Практически такое поле имеет наибольшую емкость среди цифровых КП второго класса. Структура цифрового КП АТС №4 ESS приведена на рис. 3.9.

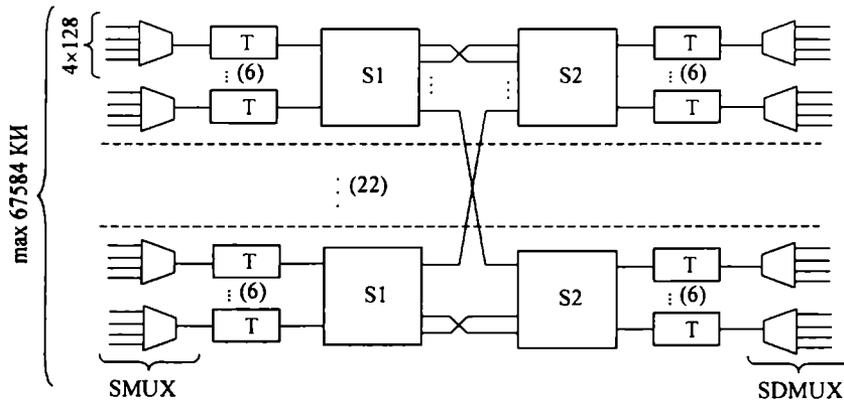


Рис. 3.8. Структура цифрового КП системы NEAX 61

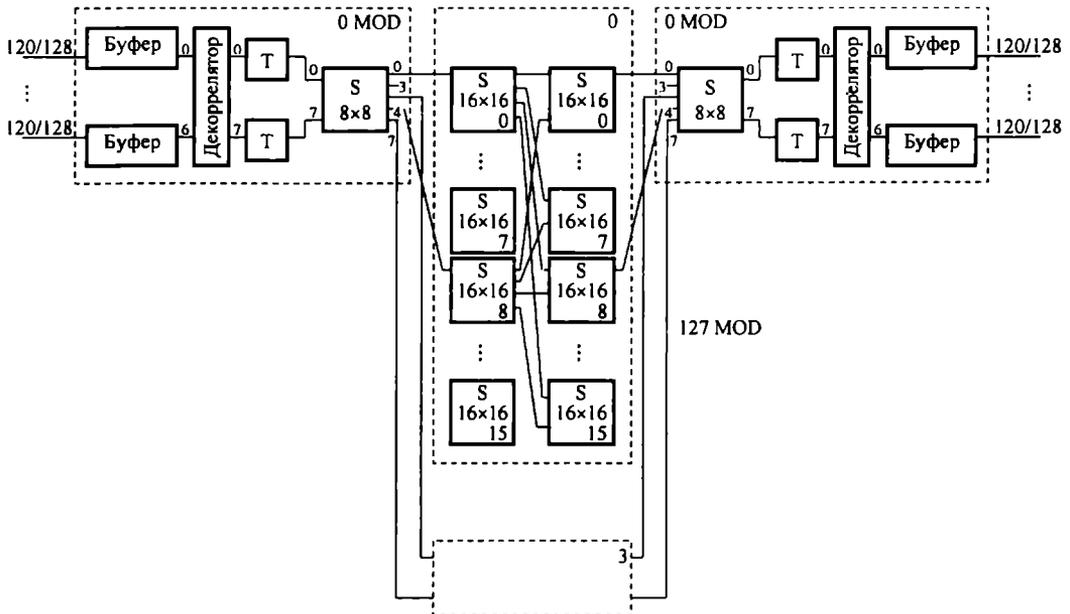


Рис. 3.9. Структура КП АТС №4 ESS

Мультиплексор на входе КП №4 ESS осуществляет объединение в линию ИКМ-120 пяти линий ИКМ-24 или десяти ИКМ-12. При этом 120 канальных интервалов используются для передачи речевых сигналов, а 8 – для управления и техобслуживания. Буферная память служит в КП №4 ESS для синхронизации входящих ИКМ потоков, которые могут прийти от разных источников с различными запаздываниями. С выхода буферов синхронизированные цифровые потоки подаются на декоррелятор, имеющий 7 входов и 8 выходов. Декоррелятор обеспечивает функции распределения и расширения. Он распределяет нагрузки семи внутренних линий ИКМ-120 на восемь линий ИКМ-120, что уменьшает вероятность внутренних блокировок. При этом используются максимально 107 канальных интервалов в

каждой из восьми линий ИКМ-120. Кроме того, декоррелятор позволяет равномернее распределить нагрузку по внутренним ИКМ линиям КП. Структурные параметры T - и S - ступеней цифрового КП №4 ESS следующие – T : 128×128 , $S1$: 8×8 , $S2$: 16×16 , $S3$: 8×8 .

Цифровое КП №4 ESS может пропустить нагрузку 47 000 Эрл и емкость – порядка 107 520 канальных интервалов.

Дальнейшее увеличение емкости многозвенных цифровых КП путем увеличения числа S -ступеней приводит к проблемам монтажа. Поэтому дальнейшее развитие таких КП пришло с начала 80-х годов шло по пути использования S/T -ступеней.

3.5. Цифровые КП третьего класса

Структуры цифровых КП третьего класса появились в конце 70-х годов благодаря возможности создания соответствующих интегральных схем. Поля этого класса являются в известной мере универсальными, поскольку позволяют однотипно строить системы коммутации практически для всего диапазона емкостей: малой, средней и большой. При этом наращивание емкости происходит, в основном, за счет увеличения количества звеньев пространственной коммутации, переходя от более простых структур S/T - S/T (рис. 3.10, а) к более сложным S/T - S - S/T (рис. 3.10, б) и S/T - S - S - S/T , поскольку увеличение емкости самой S -ступени является более дорогим решением. Часто при проектировании коммутационного поля ступени временной и пространственной коммутации объединяются в соответствующие блоки: блок временной коммутации (БВК) и блок пространственной коммутации (БПК). Тогда наращивание емкости КП происходит путем простого добавления определенного количества БВК и БПК (рис. 3.10, в).

К цифровым АТС, использующим КП данного класса, относятся системы MT20/25 (Франция), System X (DSS) (Великобритания), EWSD (Германия), GDT5 EAX (США), DTS-11 (Япония) и ряд других, на основе которых можно строить местные, междугородные и транзитные станции.

Установление соединения через коммутационное поле происходит по схожему алгоритму с КП второго класса. Если обобщить сказанное в предыдущих главах, то процесс коммутации состоит из последовательности следующих операций:

- изменение кода передачи, состоящее в переходе от принципа кодирования, согласованного с линейным трактом (например, HDB3), к кодированию, согласованному с внутренними электронными цепями АТС (двоичному);
- последовательно-параллельное преобразование сигналов;
- синхронизация сигналов в соответствии с сигналами, полученными от тактового генератора станции;
- задержка информации, полученной по входящим каналам, на время, определяемое временным моментом внутростанционной обработки;
- соединение выхода входящей ступени пространственно-временной коммутации через пространственный коммутатор с входом исходящей ступени пространственно-временной коммутации;
- переход от временного момента внутростанционной обработки к моменту, соответствующему определенному КИ исходящего тракта ИКМ;
- преобразование отсчетов речи из параллельного кода в последовательную форму;
- переход от принципа кодирования, согласованного с внутренними цепями АТС к кодированию, согласованному с линейным трактом.

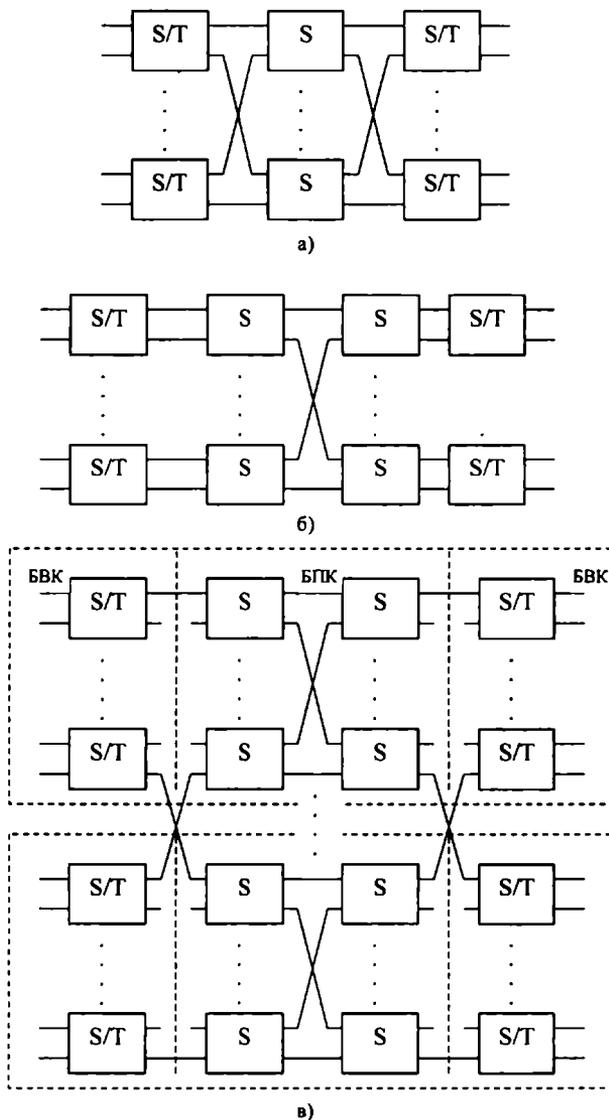


Рис. 3.10. Структуры полей третьего класса

В некоторых случаях в системах третьего класса для увеличения быстродействия логических элементов S -степени и устранения межсимвольной интерференции ступень пространственной коммутации разделялась на две части (матрицы), одна из которых была предназначена для работы с циклами четных временных каналов интервалов, другая – с циклами нечетных.

Кроме этого, довольно часто при создании КП третьего класса организуется непосредственное соединение части групп входящих временных коммутаторов с группой исходящих, минуя ступень пространственной коммутации, для чего организуются специальные

внутренние соединительные линии. Это позволяет использовать S -ступень меньшей емкости и, соответственно, стоимости. Более того, при построении КП малой и средней емкости (до 16 384 КИ) удавалось строить структуры, в которых вообще отсутствовала ступень пространственной коммутации. В этом случае БВК соединялись между собой непосредственно. Такие решения имеют практически все крупные производители цифровых АТС. Подобные цифровые КП, в общем случае, следует относить уже к четвертому классу, хотя создавались они обычно на универсальных схемах средней степени интеграции (СИС), которые использовались для коммутационных полей 3-го класса.

Однако, при использовании таких интегральных схем не удавалось получить цифровые КП большой емкости, состоящие только из S/T -ступеней. Положение изменилось с созданием специализированных БИС, функционально реализующих S/T -ступень достаточно большой емкости.

3.6. Цифровые КП четвертого класса

В настоящее время структуры четвертого класса цифровых КП находят широкое применение благодаря удобствам увеличения емкости поля путем простого добавления S/T -ступеней, выполненных в виде универсальных ИМС.

Основу S/T -ступени составляют коммутационные элементы или модули (более подробно об этом было рассказано в гл. 2). При проектировании ЦАТС небольшой емкости их КП может быть построено с использованием одного звена S/T -ступени, содержащей в свою очередь один модуль (емкостью обычно от 8/8 до 32/32 входящих/исходящих ИКМ линий). Структура такого цифрового КП показана на рис. 3.11.

Покажем в общем виде принцип работы коммутационной схемы при установлении соединения. Для этого рассмотрим структурную схему цифрового КП типа S/T (рис. 3.12). Сигналы, поступающие по входящим ИКМ линиям на вход коммутационной схемы, преобразуются в модуле приема к виду, необходимому для передачи по внутренним шинам схемы (последовательно-параллельное преобразование, преобразование кода, разбиение кодовых слов и др.). Преобразованное содержимое каждого временного интервала приема записывается в схемы речевого ЗУ S/T -ступени в ячейку памяти, адрес которой указывается модулем управления записью (на схеме не показан). Как правило, в цифровых КП четвертого класса применяется метод последовательной записи, поэтому модуль управления записью представляет собой обычный счетчик. Таким образом, в ячейках памяти речевого ЗУ S/T -ступени записывается вся информация, принятая за один цикл приема по всем входящим ИКМ линиям, т.е. содержимое всех временных каналов приема.

В управляющем ЗУ для каждого временного интервала всех исходящих ИКМ линий имеется своя ячейка памяти, которая заполняется информацией, поступающей из устройства управления (УУ) схемой коммутации. На основании команд, полученных от других блоков (после анализа полученных номеров вызывающего и вызываемого абонентов), УУ определяет коммутируемые временные интервалы приема и передачи. После этого выдаются данные, определяющие запись в ячейку управляющего ЗУ, соответствующую необходимому КИ передачи, номера выбранного для коммутации с ним КИ приема (т.е. адреса, указывающего на ячейку речевого ЗУ, в которой записано кодовое слово заданной входящей ИКМ линии).

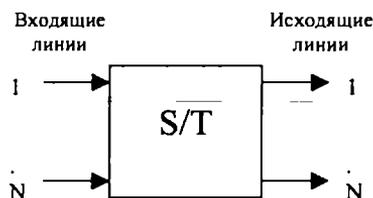


Рис.3.11. Базовая структура КП четвертого класса ($k = 1$)

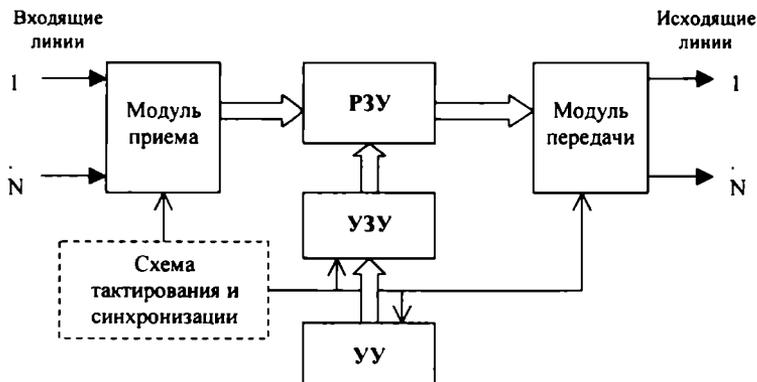


Рис. 3.12. Структурная схема цифрового КП типа S/T

Содержимое ячеек памяти управляющего ЗУ считывается поочередно. При этом считывание информации в каждую исходящую ИКМ линию происходит в строго определенный момент времени, в течение которого содержимое управляющего ЗУ определяет, информация какого временного канала приема переключается на данный временной интервал передачи. Кодовая последовательность временного интервала приема, считанная из речевого ЗУ, передается на модуль передачи, где преобразуется из последовательной формы в параллельную и размещается в выбранном временном интервале передачи. Этот процесс повторяется до тех пор, пока УУ не запишет в управляющее ЗУ данные для установления нового соединения.

Запись и считывание кодовых слов в модуль приема, речевое ЗУ и модуль передачи разнесены во времени таким образом, что блокировок при записи/считывании не возникает.

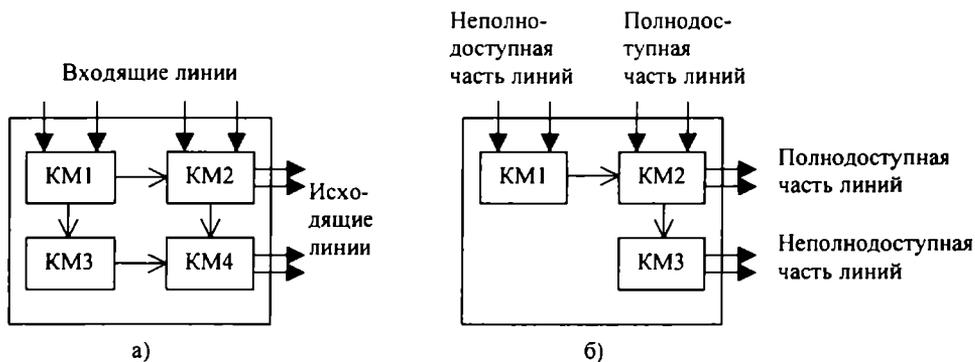


Рис. 3.13. Полнодоступное (а) и неполнодоступное (б) построение S/T -ступени

Для увеличения емкости КП типа S/T емкость ступени увеличивалась за счет объединения в одной структуре S/T -ступени нескольких коммутационных модулей (КМ), условно разбитых на строки и столбцы. Для упрощения структуры ступени управление коммутационными модулями также организовывалось по строкам и столбцам. Для различных применений такие структуры могли строиться по полнодоступной (рис. 3.13, а) и неполнодоступной (рис. 3.13, б) схемах.

Использование неполнодоступной схемы было связано с малой интенсивностью нагрузки между абонентами в пределах одной абонентской ступени, что позволяло упростить ее структуру. Однако, в этом случае для сохранения возможности установления соединения любого входа схемы с любым выходом внутри КП предусматриваются внутрисканционные промежуточные линии, обеспечивающие внутрисканционное соединение. Тогда схематично цифровое КП будет иметь вид: для внутрисканционного соединения – S/T , для исходящего (входящего) соединения – $(S/T) \times 2$ (рис. 3.14).

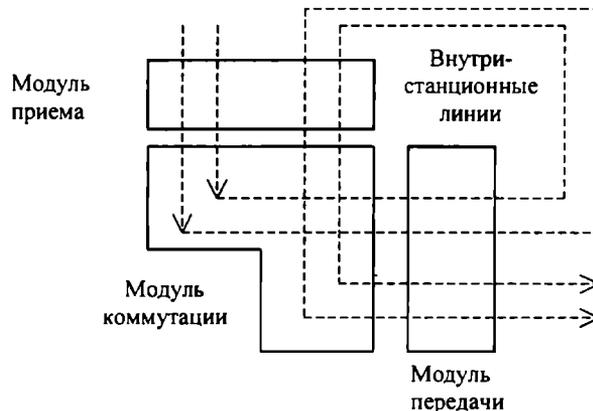


Рис. 3.14. Установление внутрисканционного соединения

Первые цифровые КП четвертого класса создавались с использованием ИМС средней степени интеграции и содержали одно-два звена пространственно-временной коммутации. Трудности синхронизации и значительные величины времени задержки сигналов не позволяли строить поля большой емкости путем простого наращивания числа S/T -ступеней. Поскольку процесс коммутации в многозвенных цифровых КП предполагает задержки сигналов, которые на цифровых станциях могут быть довольно значительными, то это приводит к необходимости применения дополнительных эхоподавляющих устройств и ограничению числа звеньев в их КП. Задержки при передаче сигналов в цифровых телефонных станциях должны быть сведены к возможному минимуму. Значения времени задержки передачи в обоих направлениях для международной и транзитной цифровых телефонных станций, коммутирующих разные типы цепей, приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2. Типовое время задержки в цифровых АТС

Тип коммутируемой цепи	Время задержки, мкс	
	среднее	предельное
Цифровая – цифровая	900	1500
Цифровая – аналоговая	1500	2100

Значительные изменения в этом направлении произошли в начале 80-х г.г., когда были созданы специализированные БИС, реализующие функцию S/T -ступени. При этом использовались различные способы соединения таких интегральных схем. Один из способов, конструктивно заложенный в БИС, был показан в главе 2 для элементов ЕС1. Другой простой способ, основанный на параллельном соединении таких элементов, показан на рис. 3.15а).

При таком соединении емкость поля ограничивается в основном скоростью работы мультиплексоров, которые соединяют исходящие ИКМ линии.

Примеры построения многозвенных КП показаны на рис. 3.15, б) и в). На рис. 3.15б показано двухзвенное цифровое КП. Максимальная емкость такого поля равна n^2f , где n – число входящих (или исходящих) ИКМ линий в одной БИС S/T-ступени; f – количество канальных интервалов в одной ИКМ линии. На рисунке N – число входящих (исходящих) канальных интервалов коммутационной схемы; $f_{j,i}$ – число канальных интервалов одной входящей ИКМ линии, включенной в j -ю БИС; $f_{j,0}$ – число канальных интервалов одной исходящей ИКМ линии, включенной в выходы j -й БИС второй ступени; r_1 – число БИС первой S/T-ступени; r_2 – число БИС второй S/T-ступени; $U_{j,i}$ – число входящих ИКМ линий, включенных в j -ю БИС первой S/T-ступени; $U_{j,0}$ – число исходящих ИКМ линий, включенных в выходы j -й БИС второй S/T-ступени; V – число ИКМ линий, включенных между двумя БИС первой и второй ступеней (связность).

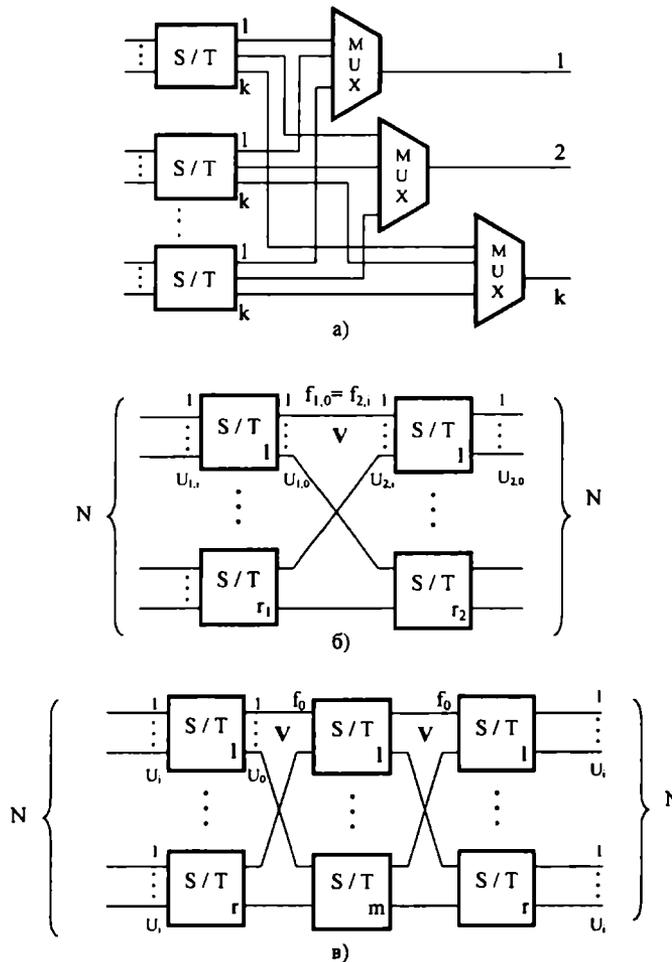


Рис. 3.15. Примеры цифровых КП, построенных на БИС S/T-ступеней

Для того чтобы двухзвенное цифровое КП данного типа было неблокируемым, необходимо и достаточно, чтобы $V_{f_0} \geq \min(U_{1,i}f_{1,i}; U_{2,0}f_{2,0})$.

Однако двухзвенные неблокируемые КП четвертого класса не получили практического распространения, так как емкость любого поля не превышает емкости однозвенных структур.

Трехзвенное цифровое КП четвертого класса (рис. 3.15, в) является базовым, на основе которого строятся многозвенные КП. Далее предполагается, что все используемые в схеме БИС идентичны, т.е. имеют одинаковое количество входных и выходных линий.

Рассматриваемое трехзвенное КП будет неблокируемым, если $m \geq 2 \lceil (U_i f_i - 1) / V f_0 \rceil + 1$, где $\lceil \cdot \rceil$ – целая часть числа; m – количество БИС в средней ступени коммутационной схемы; U_i – число входящих (исходящих) ИКМ линий, включенных в одну БИС первой (третьей) ступени; f_i – число канальных интервалов каждой БИС первого звена и на входе каждой БИС третьего звена; f_0 – число канальных интервалов одной ИКМ линии между первой и второй ступенями, а также между второй и третьей ступенями, V – связность.

Можно получить k -звенное цифровое КП четвертого класса итерационно из базового трехзвенного поля путем замены среднего звена на трехзвенное поле. Используя этот метод, можно получить цифровые КП четвертого класса с нечетным числом звеньев (например, 5-, 7-звенные и т.д.). В качестве примера можно привести цифровое КП транзитной АТС большой емкости системы PROTEL UT, общая схема которой приведена на рис. 3.16.

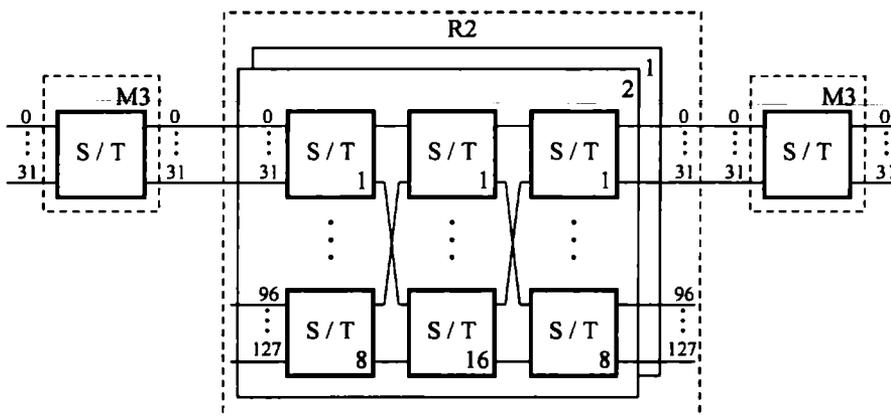


Рис. 3.16. Структура цифрового КП АТС Protel UT

Цифровые КП М3 и R2 построены на элементах ЕС1 (см. раздел 2.4). Общая схема цифрового КП транзитной АТС семейства UT имеет вид $(S/T) \times 5$. Использование БИС элементов ЕС1 позволило упростить монтаж КП и увеличить его емкость за счет многозвенности с соблюдением необходимых временных задержек сигнала в коммутационном поле.

Если базовое поле и трехзвенное поле для замены являются неблокируемыми, то результирующее k -звенное поле тоже будет неблокируемым (что следует из свойств коммутационных схем Клоза).

Для рассматриваемых цифровых КП существует зависимость между емкостью (N) цифрового коммутационного поля и числом звеньев в поле:

$$N_{k \max} = \left(\left\lceil \frac{(n+1)}{2} \right\rceil \right)^{(k-1)/2} f n ,$$

где $[\cdot]$ – целая часть числа; k – количество звеньев в поле; f – число канальных интервалов в ИКМ линии; n – число ИКМ линий, включаемых в одну S/T -ступень. Например, для $k = 3$, $n = 8$, $f = 32$ будем иметь $N_{3, \max} = 1024$ канальных интервала, то есть 32 ИКМ линии по 32 ИКМ каждая.

И в заключение отметим, что исходя из финансовых оценок, применение многозвенных структур цифровых КП четвертого класса становится экономически выгодно при емкости поля свыше 5000 канальных интервалов (рис. 3.17).

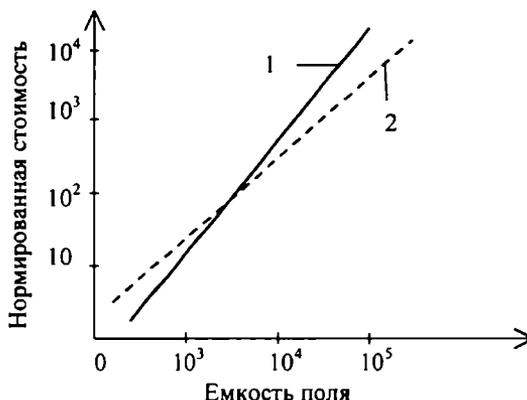


Рис. 3.17. Стоимостное сравнение однозвенных (1) и многозвенных (2) цифровых КП четвертого класса, построенных на БИС S/T -ступеней

3.7. Кольцевые цифровые КП

В настоящее время кольцевые цифровые коммутационные поля не получили широкого распространения, хотя в период их возникновения им предсказывались хорошие перспективы. Впервые цифровое КП такой структуры было реализовано в цифровой АТС ИТТ1240 (США). Впоследствии технология была закуплена компанией Alcatel, которая на ее основе создала станцию 1000 S12 (по сути являющуюся модернизацией ИТТ1240). Поэтому построение КП кольцевого типа рассмотрим на примере этих станций.

Структура многозвенного КП системы ИТТ1240 представлена на рис. 3.18. Каждое звено этого поля образуют кольцевые ЦКЭ. Как видно из рисунка, цифровое КП состоит из блоков подключения (БП) и блока групповой коммутации (БГК).

Один БП состоит из двух ЦКЭ. Количество БП и ступеней в БГК (не более трех) зависит от числа подключенных оконечных модулей (ОМ). Количество плоскостей (не более четырех) зависит от средней нагрузки, создаваемой ОМ, и от заданного качества обслуживания.

Все ОМ подключаются к БП через оконечные интерфейсы своих управляющих устройств. Каждый ОМ связан трактом (на прием и на передачу) с двумя ЦКЭ БП, образующими первую ступень коммутации. Следовательно, на выходе ОМ имеются 60 дуплексных ИКМ канальных интервалов.

12 портов ЦКЭ могут быть использованы для подключения ОМ, а 4 порта служат для подключения к БГК. Каждый ЦКЭ соединяется парой ИКМ линий (линия на передачу и линия на прием) с каждой плоскостью БГК. При максимальной емкости цифрового КП имеются 512 БП и 4 плоскости с тремя звеньями коммутации. Структура БГК показана на рис. 3.19.

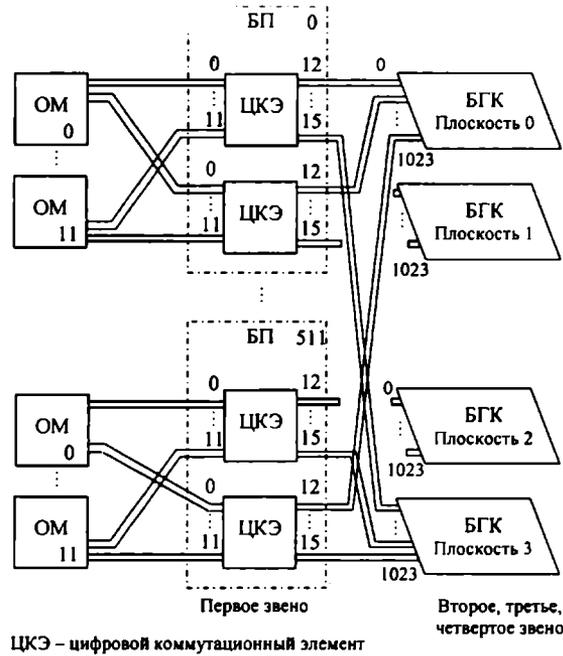


Рис. 3.18. Построение кольцевого КП АТС ИТТ1240

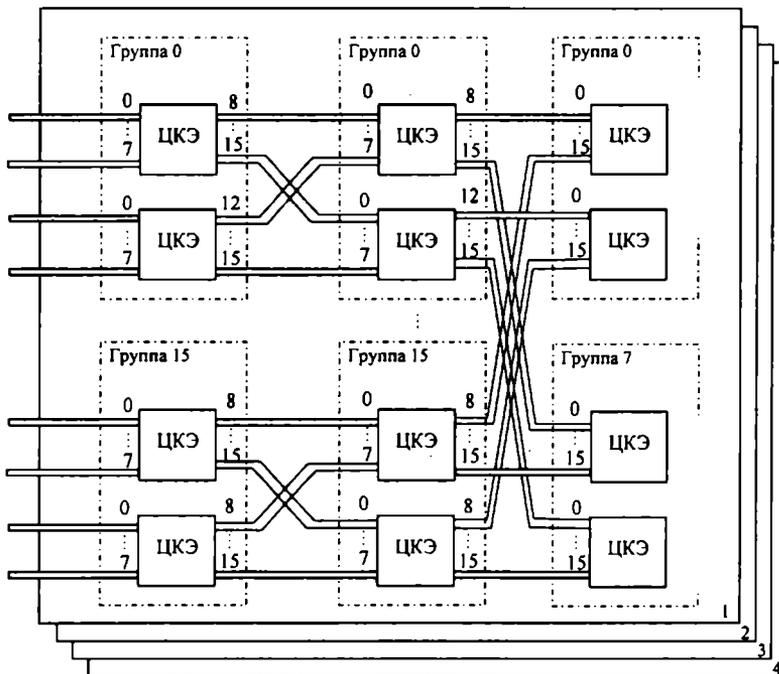


Рис. 3.19. Структурная схема БГК

Цифровое КП ИТТ1240 обеспечивает возможность получения нескольких градаций емкости за счет добавления одного или нескольких ЦКЭ. Способ расширения цифрового КП показан на рис. 3.20. Как видно из рисунка, поле минимальной конфигурации содержит один БП без БГК (на рис. 3.20 такая конфигурация обозначена буквой А). В этом случае для подключения ОМ можно использовать 12 портов каждого ЦКЭ, а 4 порта остаются незадействованными и предназначены для будущего расширения поля. Конфигурация поля А позволяет построить АТС с семью ОМ абонентских линий (в каждый модуль включаются 60 абонентских линий) и одним ОМ соединительных линий на 30 линий (4 оставшихся порта используются для подключения вспомогательных управляющих устройств и других цепей).

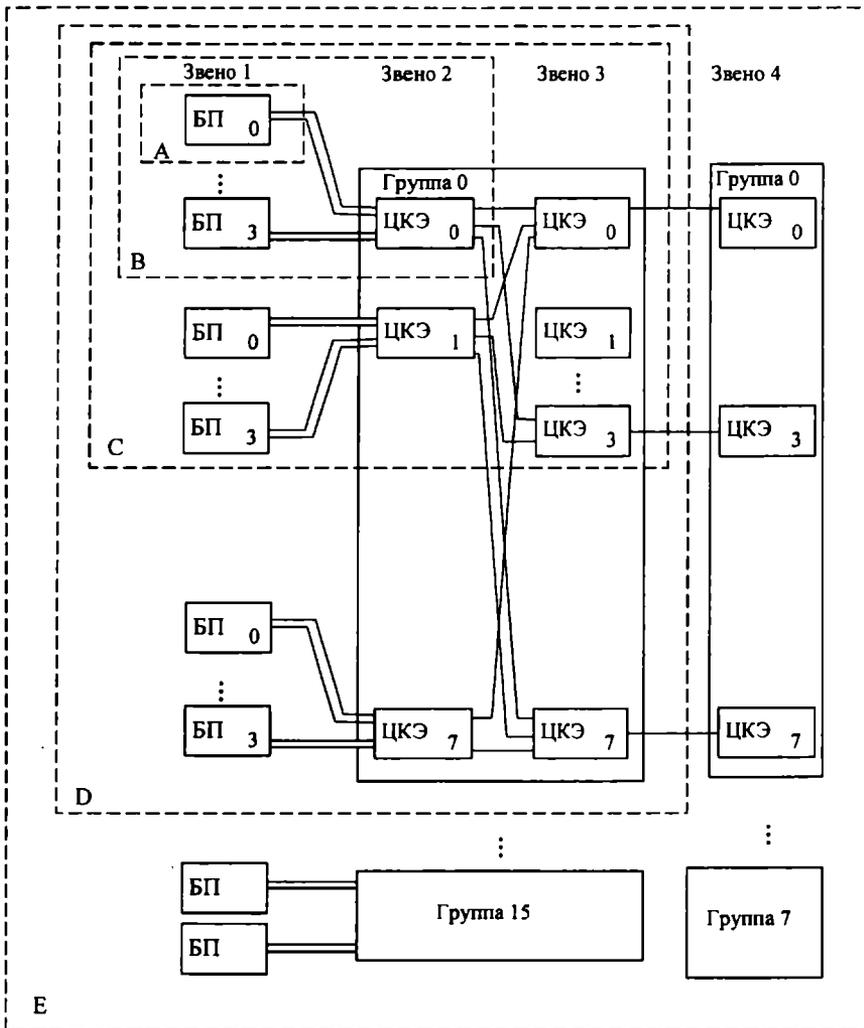


Рис. 3.20. Расширение кольцевого КП ИТТ 1240

При превышении указанных емкостей необходимо добавить новый БП в сочетании с одним ЦКЭ второго звена в каждой плоскости (конфигурация *B*). В этом случае можно подключить до четырех БП (т.е. максимальная емкость конфигурации поля *B* позволяет строить АТС в 4 раза большей емкости, чем при конфигурации *A*).

Следующий шаг наращивания емкости заключается в добавлении одного ЦКЭ звена 2 и четырех ЦКЭ звена 3 (конфигурация *C*). Такая структура дополняется до тех пор, пока не образуется полный групповой блок с восьмью ЦКЭ ступени 2 и восемью ЦКЭ ступени 3 (конфигурация *D*). При этой конфигурации емкость АТС будет в 8 раз больше, чем при структуре *B*.

Если число выходов из БП больше числа входов БГК, то добавляются второй БГК и ЦКЭ ступени 4 (конфигурация *E*). По мере увеличения числа БГК пропускная способность цифрового КП поддерживается на должном уровне путем добавления ЦКЭ ступени 4 и введения дополнительных плоскостей коммутации (до четырех).

Конфигурация *E* содержит четыре плоскости БГК, в каждой плоскости – 320 ЦКЭ. Ступень 1 образована 512 парами ЦКЭ. Отсюда полностью оборудованное цифровое КП состоит из 2304 ЦКЭ. Это обеспечивает возможность подключения свыше 60 тыс. соединительных линий или более 100 тыс. абонентских линий.

Для установления соединения между двумя ОМ через цифровое КП управляющее устройство исходящего модуля вырабатывает последовательность команд SELECT (выбор). Каждая команда устанавливает соединение в одном ЦКЭ. Прямой и обратный пути устанавливаются через разные ЦКЭ.

Каждый ОМ имеет свой сетевой адрес, состоящий из четырех цифр – ABCD. По цифре *A* БП подсоединяется к одному из 12 связанных с ним ОМ; цифра *B* используется ЦКЭ звена 2 каждой плоскости для возможного соединения с БП; по цифре *C* ЦКЭ звена 3 в каждой плоскости осуществляет соединение с одним из восьми ЦКЭ звена 2; цифра *D* используется ЦКЭ звена 4 в каждой плоскости для соединения с ЦКЭ звена 3. Каждый из 64 ЦКЭ звена 4 в каждой плоскости имеет возможность соединения дуплексной линии ИКМ-30 с 16 группами третьего звена.

Для установления соединения требуются *свободный поиск* (любой канальный интервал в любой ИКМ линии внутри поля) от начальной точки вплоть до точки разворота и *обусловленный поиск* (любой канальный интервал в заданной ИКМ линии, ведущей к выходу из поля) от заданной точки в направлении приемного ОМ.

Наиболее длинный соединительный путь проходит от интерфейса передающего ОМ через один из ЦКЭ БП, один ЦКЭ звена 2 в одной из 4 плоскостей, один из 8 элементов звена 3 и, наконец, через один ЦКЭ из 64 элементов звена 4. Затем устанавливается обратный соединительный путь через звенья 3, 2 и 1. Общее число доступных для свободного поиска промежуточных путей начинается с 60 путей на выходе интерфейса ОМ и возрастает до 7680 (4 плоскости × 64 ЦКЭ × 30 канальных интервалов) в месте расположения точки разворота.

После достижения точки разворота производится обусловленный поиск любого из 30 канальных интервалов конкретного ЦКЭ звена 3, любого из 30 канальных интервалов конкретного ЦКЭ звена 2, любого из 30 канальных интервалов заданного ЦКЭ блока подключения звена 1 и любого из 30 канальных интервалов конкретного интерфейса приемного ОМ.

Для установления соединения требуются четыре типа сетевых команд (рис. 3.21). Первая команда, обозначенная *X*, используется в БП в режиме свободного поиска для выбора одной из четырех возможных плоскостей. Вторая команда *Y* – применяется в режиме свободного поиска в звеньях 2 и 3 внутри выбранной плоскости. Третья команда, помеченная буквой *N*, служит для обусловленного поиска соединительного пути в звеньях 3 и 4. Команда *N* – слож-

ная, состоит из команд «Выбор заданного порта» и адресных цифр АСД (N_1 и N_2). Четвертая команда NZ (также сложная) используется для обусловленного поиска в звене 2.

Для примера рассмотрим алгоритм, используемый для выработки последовательности команд при установлении соединения между двумя любыми оконечными терминалами. На рис. 3.21 показаны интерфейсы двух ОМ. Исходящий терминал имеет адрес 6-2-3-1, входящий – 1-3-2-12.

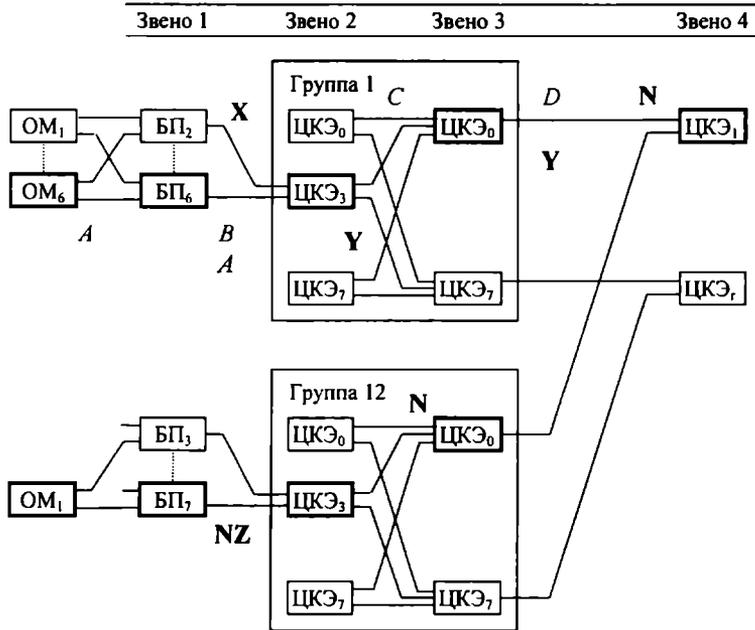


Рис. 3.21. Пример установления соединительного пути

Для соединения требуется последовательность семи команд (соединение устанавливается через все звенья цифрового КП). Команды: X – выбирается любой из исходящих портов 8-11 звена 1, Y – выбирается любой из исходящих портов 8-15 звена 2, Y – выбирается любой из исходящих портов звена 3, 12 – выбирается двенадцатая группа (любой КИ промежуточной линии), 3 – выбирается третий ЦКЭ в звене 2 двенадцатой группы, 3Z – выбирается третий или седьмой ЦКЭ в БП (любой КИ промежуточной линии), 1 – выбирается интерфейс входящего терминала (любой КИ промежуточной линии).

Реализация алгоритма установления соединения начинается со сравнения адресов исходящего и входящего терминалов. Сравнение начинается со старших разрядов (D). Если знаки D различны, это означает, что для установления соединения надо использовать звено 4 цифрового КП. Следовательно, до звена 4 будет использоваться режим свободного поиска, для чего управляющее устройство исходящего модуля генерирует такую последовательность команд: команду X – для выбора коммутационной плоскости и две команды Y – для достижения звена 4. Затем потребуются команды для режима обусловленного поиска: команда занятия любого канального интервала в определенной ИКМ линии, связывающей ЦКЭ звеньев 4 и 3 (команда N_1); команда занятия любого канального интервала в заданной линии между звеньями 3 и 2 (команда N_2); команда занятия любого канального интервала определенной ИКМ линии между звеньями 2 и 1 (команда NZ) и, наконец, команда N занятия любого канального интервала в одном из заданных ЦКЭ БП (ЦКЭ A или ЦКЭ $A+4$) (напомним, что каждый ОМ имеет доступ к двум ЦКЭ БП).

Для рассматриваемого примера семь команд имеют вид: X Y Y 12 3 3Z 1. Эти семь команд передаются во временном канальном интервале, отведенном для исходящего терминала в ОМ, в следующих друг за другом семи циклах. Как только блок подключения принимает команду X, он выбирает путь для входа в одну из плоскостей (ИКМ линию и канальный интервал в ней). В следующем цикле управляющее устройство исходящего ОМ посылает первую из двух команд Y. Поскольку блок подключения к началу этого второго цикла уже выбран и был установлен соединительный путь к звену 2 (по команде X), первая из двух команд Y передается в ЦКЭ звена 2. Под воздействием этой команды ЦКЭ звена 2 находит и устанавливает соединительный путь к звену 3. Вторая команда Y в третьем цикле передается в ЦКЭ звена 3, ЦКЭ находит и устанавливает соединительный путь к ЦКЭ звена 4. Затем цикл за циклом устанавливается обратный соединительный путь через цифровое КП к входящему терминалу во входящем ОМ. Следует заметить, что управляющее устройство исходящего ОМ не ожидает подтверждения успешной попытки соединения через каждое звено коммутации. Однако при поступлении отрицательного подтверждения управляющее устройство ОМ начинает следующую попытку установления соединительного пути в цифровом КП.

При установлении соединения между двумя терминалами с сетевыми адресами 6-2-3-1 и 1-3-3-1 реализация алгоритма установления соединения вновь начинается со сравнения адресов исходящего и входящего терминалов. В адресах цифры D совпадают ($D = 1$). Это означает, что звено 4 не требуется для установления соединения. Следующие цифры тоже совпадают ($C = 1$). Значит, и звено 3 не понадобится для установления соединения. При сравнении адресов B оказывается, что они разные. Таким образом, режим свободного поиска будет осуществляться в звеньях 1 и 2. Следовательно, для установления соединения потребуется один ЦКЭ БП, один ЦКЭ звена 2 одной из плоскостей, затем еще один ЦКЭ из БП.

Соединение в каждом цифровом КП удерживается в течение всего времени разговора. При поступлении в разговорный тракт последовательных меток «освобождение» все ЦКЭ последовательно освобождаются

Цифровое КП системы ИТТ1240 является почти неблокируемым при нагрузке на линию, встречающейся на практике. Только при одной из 1500 попыток установить соединение при нагрузке на канальный интервал 0,5 Эрл требуется повторная попытка установления соединения, и только при одной из 2 млн. попыток – третья. В цифровом КП максимальной емкости (60 тыс. соединительных или свыше 100 тыс. абонентских линий) при нагрузке 0,5 Эрл на канальный интервал 99% соединений имеют максимальное время задержки менее 500 мс; среднее время запаздывания составляет 370 мс. При 20%-й перегрузке максимальное время запаздывания 99% соединений составляет 560 мс.

В заключение отметим характерные особенности цифрового КП системы ИТТ1240:

1) управляющая информация в цифровом КП передается внутри временного канального интервала совместно с речевой информацией;

2) в основе цифрового КП лежит стандартный ЦКЭ (кольцевая коммутационная схема). Увеличение емкости цифрового КП осуществляется не за счет повышения скорости передачи информации внутри кольца, а с помощью многозвенного включения ЦКЭ. Тактовая частота работы цифрового КП равна в этом случае тактовой частоте ЦКЭ;

3) процесс установления соединения через цифровое КП системы ИТТ1240 организован так, что в зависимости от места включения терминалов в ОМ соединительный путь устанавливается через разное число звеньев поля (а не через все поле вне зависимости от места включения терминалов, как это осуществляется в полях других типов).

3.8. Особенности функционирования и сравнительные характеристики цифровых КП

Как уже указывалось ранее, цифровые КП всегда четырехпроводные, так как ИКМ линии состоят из двух времяуплотненных цепей – на направление передачи и направление приема. Таким образом, для установления соединения необходимо иметь по одному каналному интервалу в каждом направлении.

Алгоритм выбора пар соединительных путей в цифровом КП зависит от того, к какому типу относится поле: разделенному или неразделенному. В *разделенных* цифровых КП между входной и выходной ИКМ линиями может устанавливаться только одно соединение (например, слева направо, как это показано на рис. 3.22, а). Это приводит к тому, что цифровое КП разбивается на два идентичных поля для каждого направления связи. Обычно соединительные пути для одного разговора устанавливаются в таком цифровом КП одинаковым образом для обоих путей, и для управления ими нужна лишь одна память для обеих половин поля.

Сложнее обстоит дело в *неразделенном* цифровом КП, когда оба соединительных пути для одного разговора устанавливаются через одно и то же поле (рис. 3.22, б). Установление двух идентичных соединительных путей для одного разговора через такое поле приводит в ряде случаев к тому, что оба пути проходят через один и тот же каналный интервал средней ступени КП, что запрещено.

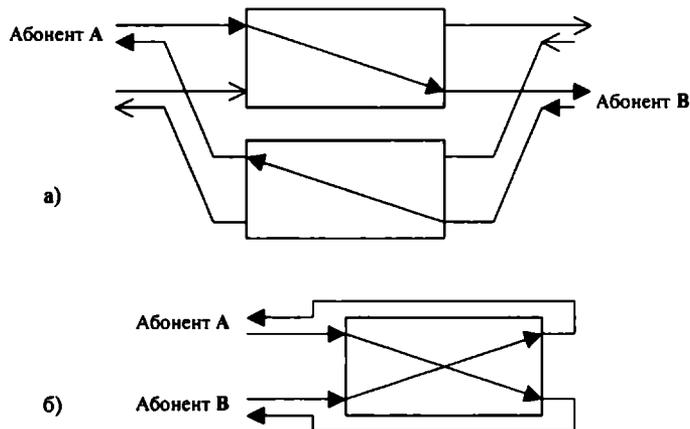


Рис. 3.22. Установление соединения через разделенное (а) и неразделенное (б) цифровое КП

В принципе возможны три основных алгоритма поиска пар соединительных путей в неразделенных цифровых КП: алгоритм установления независимых соединительных путей, симметричный алгоритм, квазисимметричный алгоритм.

Свойства этих алгоритмов (и блок схемы их реализаций) рассмотрим на примере цифрового КП структуры *T-S-T*. При этом заметим, что поскольку *T*-ступень осуществляет коммутацию любого каналного интервала внутри времяуплотненной ИКМ линии, то *T*-ступень с параметрами $N \times M$ имеет эквивалентное представление в виде коммутатора с N входами и M выходами (рис. 3.23). Согласно же принципу работы *S*-ступени, каналные интервалы могут коммутироваться между времяуплотненными ИКМ линиями, включенными в *S*-

ступень, но нет возможности изменения порядка следования канальных интервалов внутри ИКМ линии. Поэтому S -ступень с параметрами $N \times M$, K представляется в виде K коммутаторов с N входами и M выходами (в частном случае N может быть равно M).

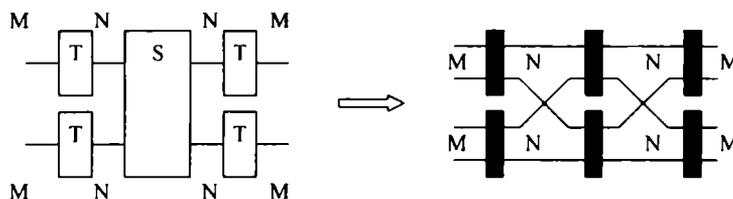


Рис. 3.23. Цифровое КП T - S - T и его эквивалент

Предполагается, что оба соединительных пути для одного разговора устанавливаются через одинаково нумерованные входы и выходы первого и третьего звеньев поля.

Алгоритм *установления независимых соединительных путей* показан на рис. 3.24, а. Согласно данному алгоритму, соединительные пути должны устанавливаться независимо друг от друга. Поэтому требуются два управляющих ЗУ – одно для управления направлением передачи, другое для управлением направлением приема (при этом оставлены без внимания случаи, когда будут возникать конфликтные ситуации – их разрешение потребует усложнения работы управляющих устройств).

Естественным является стремление уменьшить объем управляющего ЗУ и упростить алгоритм поиска пар соединительных путей. Самым простым и удобным был бы такой, который позволял бы одинаковым образом устанавливать оба соединительных пути. Этот алгоритм, получивший название *симметричного*, показан на рис. 3.24, б.

При реализации данного алгоритма условия симметрии требуют, чтобы оба соединительных пути для одного разговора проходили через один и тот же коммутатор среднего звена. В этом случае резко упростится алгоритм нахождения соединительного пути направления приема (это будет просто зеркальное отображение соединительного пути направления передачи). Управление соединением может осуществлять одно управляющее ЗУ, используемое для обоих соединительных путей. К сожалению, симметричный алгоритм позволяет установить соединение только между абонентами, включенными в разные T -ступени. В этом нетрудно убедиться, попытавшись установить соединение между абонентами одной T -ступени по рис. 3.24, б.

Этот недостаток симметричного алгоритма устраняется, если в среднем звене поля соединение устанавливается через коммутаторы, расположенные рядом (по принципу «чет-нечет») (рис. 3.24, в). Такой алгоритм получил название *квазисимметричного*. Полное выполнение требований квазисимметричного алгоритма приводит к простой схеме поиска соединительных путей обоих направлений с управлением единым ЗУ.

Квазисимметричный алгоритм обладает, однако, и одним существенным недостатком: если, например, в четном коммутаторе выбранный путь занят, то автоматически помечается как занятый связанный с ним соединительный путь в нечетном коммутаторе, независимо от его реального состояния.

Чтобы обойти это затруднение, предлагались разные варианты алгоритмов, например соединения для абонентов, включенных в разные T -ступени, устанавливаются по симметричному алгоритму, а соединения для абонентов одной T -ступени – по алгоритму установления независимых путей, либо использовать комбинацию симметричного и квазисимметричного алгоритмов.

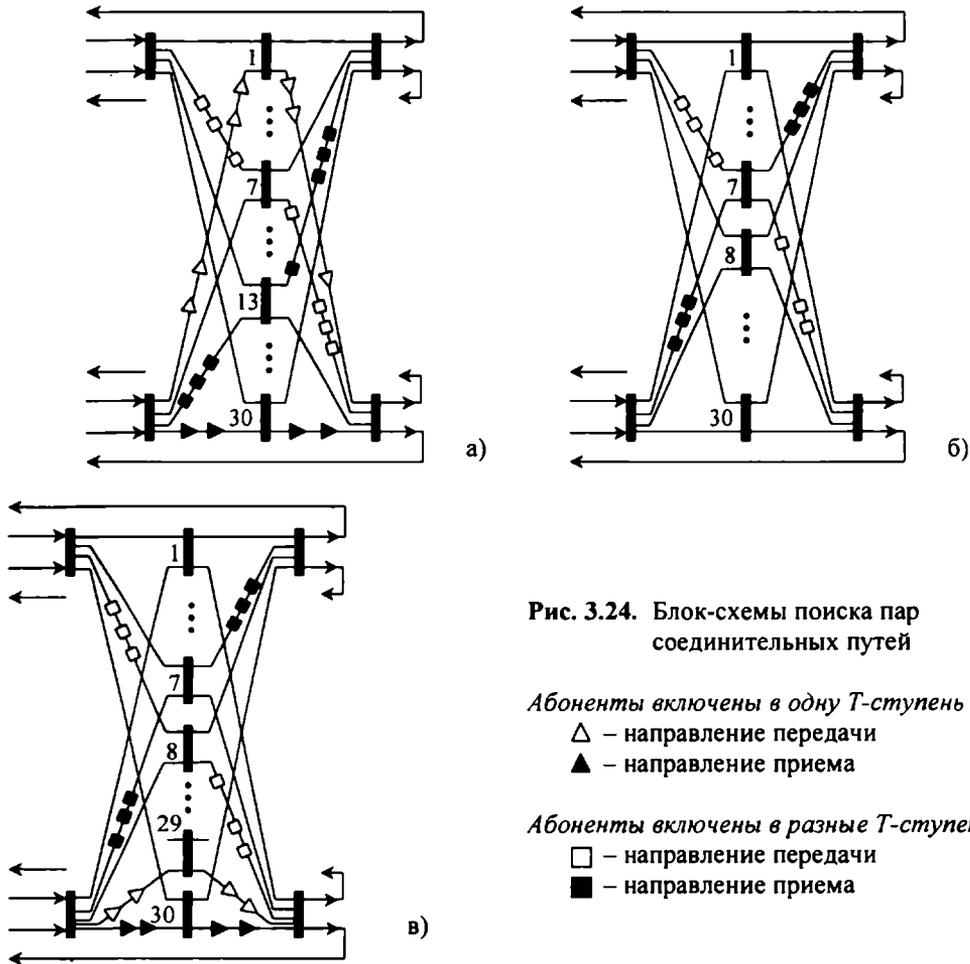


Рис. 3.24. Блок-схемы поиска пар соединительных путей

Абоненты включены в одну T-ступень

△ – направление передачи

▲ – направление приема

Абоненты включены в разные T-ступени

□ – направление передачи

■ – направление приема

Техническое решение, позволяющее применить симметричный алгоритм поиска пары соединительных путей вне зависимости от места включения абонентов, состоит в следующем:

1) на *T*-ступени коммутационного поля производится разделение соединительных путей, устанавливаемых между абонентами одной *T*-ступени, и путей, устанавливаемых между абонентами разных *T*-ступеней;

2) *S*-ступень разбита на подматрицы, обслуживающие только один вид соединения. В результате для обоих видов соединений используется симметричный алгоритм, но соединение устанавливается через различные половины *S*-ступени (упрощенная схема поля показана на рис. 3.25).

При рассмотрении алгоритмов установления пар соединительных путей оставался в тени способ поиска свободных промежуточных линий, соединительных путей и свободных выходов в заданном направлении КП.

Отличительной особенностью поиска соединительных путей в цифровых коммутационных системах с программным управлением является отсутствие в них физического опробования линий и приборов поля. Все установленные соединения отображаются в виде специ-

альных записей в 3У управляющих комплексов. Найденные по тому или иному алгоритму соединительные пути и приборы сравниваются с этими записями для определения того, свободны они или заняты.

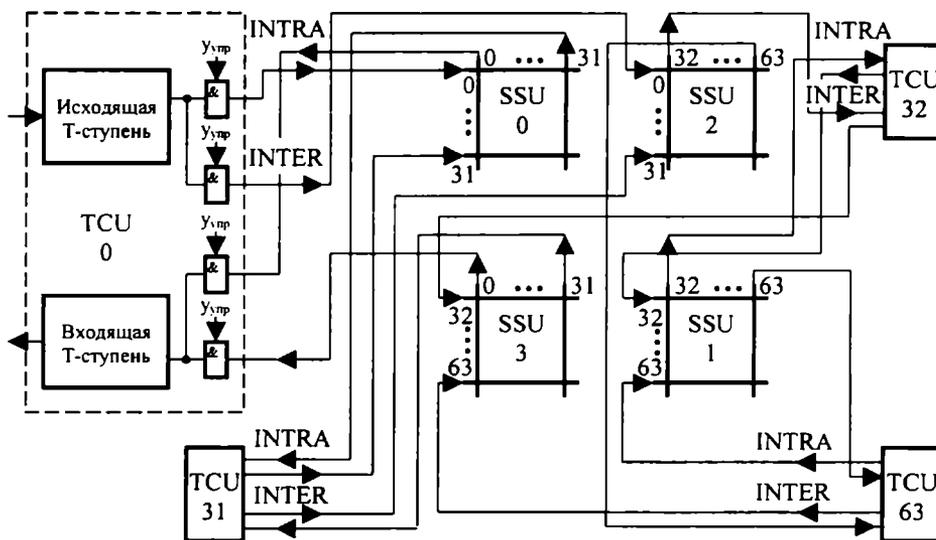


Рис. 3.25. Цифровое КП с симметричным алгоритмом поиска соединительных путей (TCU_i – i -тый модуль T -ступени, SSU_j – j -тая пространственная матрица (все матрицы составляют S -ступень), INTRA – ИКМ линии для установления соединения между абонентами одной T -ступени, INTER – ИКМ линии для установления соединения между абонентами разных T -ступеней)

При установлении соединения через цифровое КП всегда известна точка входа (управляющий комплекс системы располагает сведениями о том, по какому каналному интервалу какой входящей ИКМ линии будет передаваться речь вызывающего абонента). Эта информация передается в управляющий комплекс, например по 16-му каналному интервалу ИКМ-30. С другой стороны, анализ цифр номера вызываемого абонента дает информацию о направлении соединительных линий, в котором находится аппарат вызываемого абонента. В этом направлении находится одна или несколько ИКМ линий. В одной из них необходимо найти свободный каналный интервал (этот интервал будет помечен управляющим комплексом как принадлежащий вызываемому абоненту).

Наибольшее распространение в цифровых КП получил способ поиска соединительных путей «от точки к точке». Процедура поиска сводится к следующему. На первом этапе задается начальная точка (занятый каналный интервал в данной входящей ИКМ линии). Затем отыскивается свободный каналный интервал в любой ИКМ линии требуемого направления. На следующем этапе разыскивается свободный соединительный путь между помеченным входным и найденным выходным каналными интервалами. После того как управляющий комплекс найдет этот свободный соединительный путь, устанавливается соединение. Если управляющий комплекс не находит свободного каналного интервала в исходящей ИКМ линии требуемого направления или при найденном исходящем каналном интервале не находит свободного промежуточного пути, вызов считается потерянным.

При сопоставлении друг с другом КП различных типов чаще всего в качестве критерия используют стоимость поля, которая определяет его экономическую эффективность.

Для оценки экономической эффективности ведем функцию T , которую назовем *функцией приведенной стоимости* (ФПС):

$$T = \sum_{i=1}^G k_i Q_i,$$

где G – число видов функциональных элементов; k_i – стоимостный (весовой) коэффициент соответствующего функционального элемента; Q_i – число функциональных элементов поля i -го вида.

В общем случае функция T зависит от класса структуры цифрового КП и многих других параметров: количества цифровых трактов системы и каналов в ЦСП, типа структуры КП (разделенное или неразделенное), способа передачи сигнала по каналу (параллельный или последовательный), алгоритма выбора пар соединительных путей в КП, способа поиска пути, допустимой нагрузки, потерь и т.д.

Иногда удобно использовать ФПС, представляющую собой функцию удельных затрат на один канал:

$$T_1 = \sum_{i=1}^G k_i Q_i / N,$$

где N – число каналов, обслуживаемых КП.

При оценке эффективности КП с одинаковым качеством обслуживания, но различным числом цифровых трактов и каналов удобно использовать ФПС, являющуюся функцией зависимости затрат на обслуживание одного эрланга нагрузки:

$$T_2 = \sum_{i=1}^G k_i Q_i / Y,$$

где Y – нагрузка, поступающая на КП.

Конкретное представление функций T , T_1 или T_2 зависит от выбора типов функциональных элементов и соответствующих стоимостных коэффициентов, который может быть осуществлен с различной степенью детализации. Именно выбор указанных параметров существенно влияет на сложность вычисления функций T , T_1 , T_2 .

С учетом вышеизложенного для оценки цифровых КП были построены таблицы выбора оптимальной структуры поля с количеством звеньев от 3 до 6, числом канальных интервалов в ЦСП 30 и 120, числом ЦСП (работающих по способу поиска соединительных путей «от точки к точке») до 120 000 для двух типов КП – разделенных и неразделенных (с фиксированным качеством обслуживания). С помощью этих таблиц можно выбрать структуру цифрового КП с минимальным значением, например, функции T_1 при фиксированном числе звеньев для заданной емкости.

Результаты анализа эффективности цифровых КП можно проиллюстрировать зависимостями $T_1 = f(L)$, где L – общее число ЦСП КП. На рис. 3.26 приведены эти зависимости для случая применения ЦСП ИКМ-30 при нагрузке на один канальный интервал $y = 0,8$ Эрл, качестве обслуживания $p = 0,1\%$, неразделенном поле, работающем способом «от точки к точке», и использовании квазисимметричного алгоритма поиска пар соединительных путей. Как видно из графиков, приведенная стоимость поля возрастает с увеличением емкости. Скорость нарастания стоимости различна для различных типов полей, однако характерно, что КП с S -ступенью на первом и последнем звеньях являются более дорогостоящими, чем с T -ступенями на этих звеньях.

Анализ экономичности цифрового КП в зависимости от стоимостного коэффициента k показывает, что приведенная стоимость для всех КП, как правило, возрастает с увеличением k , причем особенно существенно – для трехзвенных схем.

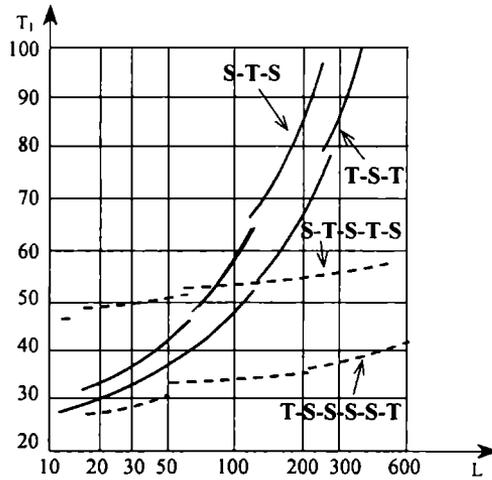


Рис. 3.26. Экономическая эффективность цифровых КП

Рассматриваемый подход позволяет сопоставить друг с другом КП различных типов – разделенные и неразделенные. На рис. 3.27 приведены зависимости $T_1 = f(L)$ для различного числа канальных интервалов в ЦСП при фиксированной емкости $N = 4320$ канальных интервалов, $y = 0,68$ Эрл на один канал, $p = 0,1\%$, $k = 5$, способе поиска соединительных путей «от точки к точке» и последовательной передаче кодовых слов по каналу. Анализ этих зависимостей показывает, что разделенные поля, как правило, экономичнее неразделенных. Кроме того, стоимость разделенных и неразделенных полей уменьшается при увеличении числа канальных интервалов в ЦСП. Следовательно, если стоимость вторичного мультиплексирования в цифровом КП невысока, целесообразно применять его всегда.

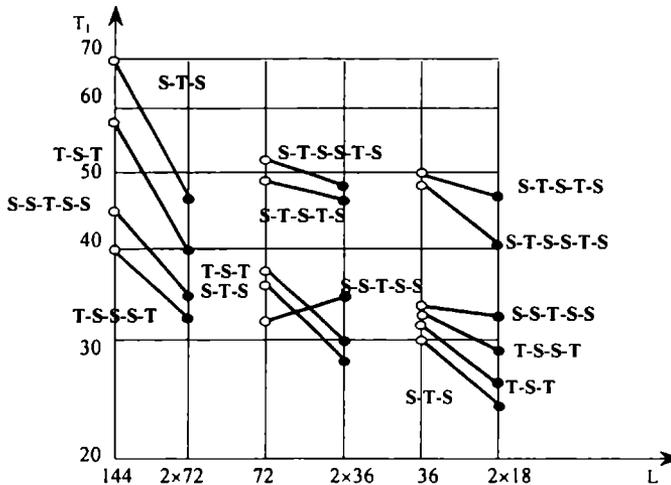


Рис. 3.27. Зависимость $T_1 = f(L)$ для цифровых КП при различном числе канальных интервалов в ЦСП
o – значения для неразделенных полей; • – для разделенных полей

Как указывалось ранее, модульность является одной из основных особенностей цифровых КП. Оценка и сравнение цифровых КП, полученных различными способами модульного расширения поля, производится при одинаковом качестве обслуживания, т.е. используется функция приведенной стоимости T_2 . В связи с этим расчет предельной емкости и емкости модулей поля производится не по количеству входных/выходных канальных интервалов, а по величине пропущенной нагрузки.

Существует несколько способов модульного расширения цифровых КП, основными из которых являются простое расширение модулями и расширение независимыми модулями.

Суть *простого расширения модулями* состоит в том, что для получения всего спектра градаций цифрового КП (от самого малого до максимально возможного) к неизменной части поля добавляются конструктивно и функционально законченные модули. Этот способ обозначается SEG (сегментный). Особое место при данном способе занимает метод расширения цифрового КП, у которого центральные звенья являются S -ступенями. В этом случае расширение поля осуществляется добавлением одинаковых модулей слева и справа от центрального звена. Этот тип расширения обозначается STR (по слоям). Центральное звено остается при этом неизменным.

При *расширении независимыми модулями* градации поля получают последовательным добавлением модулей во всех звеньях поля. Данный тип расширения обозначается IND (независимый).

Суммарные оценки, полученные с помощью функций T_2 для этих типов расширения цифровых КП, приведены в табл. 3.3. Из таблицы видно, что поля, начинающиеся и заканчивающиеся T -ступенями, имеют преимущества перед полями с S -ступенями на первом и последнем звеньях.

Конкретное же решение о выборе структуры цифрового КП принимается, конечно, с учетом целого ряда факторов (модульности поля, надежности, габаритов и т.д.).

Таблица 3.3. Оценка типов модульного расширения цифровых КП

Структура поля	Тип расширения			Условные обозначения результата применения способа расширения
	SEG	IND	STR	
T-S-T	++	+	++	++ – очень хороший
T-S-S-T	–	o	++	+ – хороший
S-T-S	–	o	x	o – средний
S-S-T-S-S	–	o	x	– – плохой
				x – метод неприменим

Глава 4

Стыки цифровых АТС

4.1. Понятие стыка цифровых АТС

Работа цифровых АТС происходит в окружении разнообразного телекоммуникационного оборудования: других АТС (цифровых и аналоговых), различных абонентских устройств, систем передачи. Совместное функционирование всего оборудования осуществляется благодаря выполнению определенных правил. В частности, ЦСК должна обеспечивать интерфейс (стык) с аналоговыми и цифровыми абонентскими линиями (АЛ) и системами передачи.

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

Стык 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.

Точное определение типов, количества, формы и последовательности соединений и взаимосвязи между двумя функциональными блоками на стыке между ними задается *спецификацией стыка*.

Стыки цифровой АТС можно разделить на следующие (рис. 4.1):

- аналоговый абонентский стык;
- цифровой абонентский стык;
- абонентский стык ISDN;
- сетевые (цифровые и аналоговые) стыки.



Рис. 4.1. Стыки цифровых АТС

Иногда в технической литературе можно встретить классификацию стыков, определенных МККТТ (МСЭ-Т) в рекомендациях Q.501-Q.517. Согласно этим рекомендациям аналоговые и цифровые соединительные линии включаются в АТС через сетевые стыки типов *A*, *B* и *C*.

Через стык *A* подключаются цифровые тракты, уплотненные аппаратурой ИКМ-30 (2048 Кбит/с) или ИКМ-24 (1544 Кбит/с).

Стык *B* предназначен для подключения цифровых трактов, уплотненных аппаратурой ИКМ-120 (8448 Кбит/с).

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

Для включения аналоговых линий (абонентских или от учрежденческих производственных АТС (УПАТС) в устройства, обеспечивающие доступ к цифровой станции) используются стыки типа *Z* (Z_1 , Z_2 , Z_3). Характеристики стыков *Z* в значительной степени зависят от национальных особенностей сетей.

Для включения цифровых линий были определены интерфейсы *U* и *V*. Стыки *U* и V_1 используются для включения АЛ при основном доступе к сетям ISDN (русскоязычная аббревиатура ЦСИО – цифровые сети интегрального обслуживания). Основная структура доступа через стык – два канала типа *B* (информационные каналы, 2×64 Кбит/с) и один канал типа *D* (канал сигнализации, 16 Кбит/с). Стык V_2 предназначен для включения цифровых подстанций на скорости 2048 Кбит/с. Через стык V_3 включается цифровое оборудование при первичном доступе к интегральным сетям, например цифровые УПАТС. Структура стыка: $30B + D$. Мультиплексорное оборудование в цифровые АТС включается через стык V_4 . Для мультиплексоров ИКМ, используемых при подключении аналоговых выносных подстанций и аналоговых учрежденческих АТС, был предназначен стык V_5 .

В настоящее время данная классификация в некоторой степени пересмотрена и дополнена. Особенно большие изменения коснулись стыка V_5 .

4.2. Аналоговый абонентский стык

При создании и внедрении цифровых АТС возникла проблема включения в цифровую АТС аналоговой абонентской линии с аналоговым телефонным аппаратом (ТА). Изобретенный свыше 100 лет назад телефонный аппарат оптимизирован для использования в аналоговых телефонных сетях. *Во-первых*, в его состав входил угольный микрофон – усилитель мощности. Практически почти для всех возможных применений (кроме телефонных аппаратов для тугоухих) не требуется включать в разговорный тракт при внутренней связи дополнительные усилители. *Во-вторых*, все необходимые зуммерные и вызывные сигналы подаются по разговорным цепям непосредственно из телефонных станций без преобразования, дополнительных цепей при этом не требуется. *В-третьих*, аналоговые электрические колебания при разговоре тоже передаются без преобразований (при отсутствии аппаратуры уплотнения) от микрофона одного абонента к телефону другого абонента, благодаря чему отпадает необходимость в дополнительных схемах на АТС. *В-четвертых*, сам телефонный аппарат чрезвычайно прост как по электрической схеме, так и конструктивно. Благодаря этому аналоговый телефонный аппарат обладает высокой надежностью. И, наконец, в-пятых, стоимость аналоговых телефонных аппаратов невелика, так как их производство налажено давно и они выпускаются крупными сериями различного исполнения.

Безусловно, аналоговый телефонный аппарат не является идеальным устройством: угольный микрофон гигроскопичен и служит источником шумов, дисковый номеронабиратель чаще других элементов ТА выходит из строя и не отвечает эргономическим требованиям. Поэтому многие годы ведутся работы по созданию микрофонов других систем вместо угольных, вводятся кнопочные номеронабиратели вместо дисковых и др.

Точного количества телефонных аппаратов в мире никто не знает, но с уверенностью можно сказать, что их сотни и сотни миллионов штук. При этом абоненты не торопятся заменять эти работоспособные и простые в эксплуатации аппараты на более дорогие цифровые телефонные аппараты.

Сложные проблемы, возникавшие при включении аналоговой абонентской линии в цифровую АТС, описываются аббревиатурой BORSCHT (русская транскрипция – БОРЩ, иногда используемая в русскоязычной литературе, некорректна¹). Расшифровка аббревиатуры приведена в табл. 4.1.

Таблица 4.1. Описание функций BORSCHT

Буква аббревиатуры	Имя функции по-английски и его русский перевод	Описание функции
B	Battery feed (Запитка микрофонов)	К абонентской линии прикладывается напряжение, необходимое для запитки угольных микрофонов ($U_{ном} = 60$ В, $I_{ном} = 20$ мА в странах бывшего СССР).
O	Overvoltage protection (Защита от опасных напряжений)	Оборудование цифровой АТС с помощью специальных устройств защищается от попадания со стороны абонентской линии напряжения 220 (380) В, а также от напряжения при ударе молнии в абонентскую линию.
R	Ringing (Посылка вызывного сигнала)	Вызываемому абоненту посылается сигнал «Вызов» частотой 25 Гц и напряжением 95 В (в некоторых странах напряжение может быть 110 В).
S	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.
C	Coding (Кодирование)	Аналоговый сигнал, поступающий по абонентской линии преобразуется в цифровой сигнал и наоборот.
H	Hybrid (Функция дифсистемы)	Аналоговая абонентская линия является двухпроводной, а передача и коммутация сигналов в цифровых АТС – четырехпроводными. Поэтому осуществляется преобразование с помощью дифференциальных систем (дифсистем).
T	Testing (Контроль)	Осуществляется контроль работы абонентской линии и телефонного аппарата, а также устройств, выполняющих вышеперечисленные функции.

¹ В одном учебнике для американских студентов сказано: «BORSCHT (по-английски читается «борщ») – это не деликатесный русский суп, а аббревиатура проблемы реорганизации аналогового абонентского стыка».

Как следует из этой таблицы, при включении аналоговой абонентской линии в цифровую АТС приходится решать следующие группы проблем организации аналогового абонентского стыка:

- 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 телефонного аппарата посылаются сигналы высокого уровня (функции Battery feed и Ringing), в сторону АТС эти сигналы не должны передаваться (цифровые АТС построены на БИС и СБИС с питанием 5...12 В);
- обеспечение абонентской сигнализации (функция Signalling – сигнализация).

Функции Testing (контроль) и Overvoltage protection (защита от опасных напряжений) не относятся прямо к организации стыка аналоговой абонентской линии, однако их реализация позволяет автоматизировать процесс эксплуатации абонентской линии и телефонного аппарата, а также защитить приборы и персонал цифровой АТС от опасных напряжений.

Основные пути эволюции аналоговых абонентских стыков рассмотрим на нескольких конкретных примерах.

Включение аналоговых абонентских линий в систему ЭАТС 200

В системе ЭАТС 200 абонентские линии (АЛ) подключаются к блоку стандартных абонентских комплектов SLU16C, содержащему цепи для 16 абонентских линий, либо к блоку абонентских комплектов с дополнительными функциями SLU8C (включаются 8 АЛ). В целом построение комплектов SLU16C и SLU8C одинаково, однако комплект SLU8C обеспечивает ряд дополнительных функций (переполюсовку напряжения питания АЛ для телефонов-автоматов, подачу тарификационных посылок в абонентский счетчик и др.).

Абонентский стык цифровой АТС ЭАТС 200 выполнен на четырех платах, входящих в состав абонентского модуля SUB (рис. 4.2).

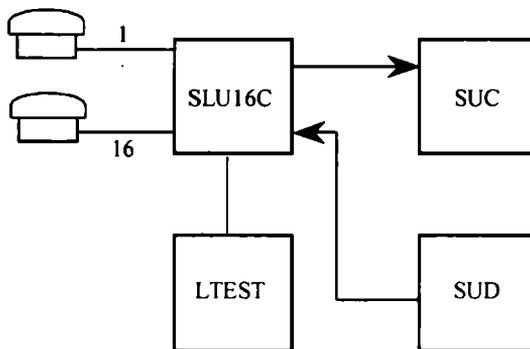


Рис. 4.2. Включение аналоговой АЛ в ЭАТС 200

SLU16C – блок стандартных абонентских комплектов для включения 16 АЛ;
SUC – кодер (на 64 АЛ); SUD – декодер (на 64 АЛ); LTEST – устройство проверки АЛ

Структурная схема платы SLU16C показана на рис. 4.3. На схеме показаны цепи одной АЛ (вызывное реле ReA, дифсистема, полосовой фильтр, фильтр высокой частоты (ФВЧ), мост питания, детектор пробы), а также цепи, общие для группы из восьми АЛ (мост питания вызывного напряжения, тестовое реле, демультиплексор, мультиплексор, блок контро-

ля, детектор поднятия микрофонной трубки). На каждые 16 АЛ имеется один фильтр сглаживания напряжения питания абонентских линий.

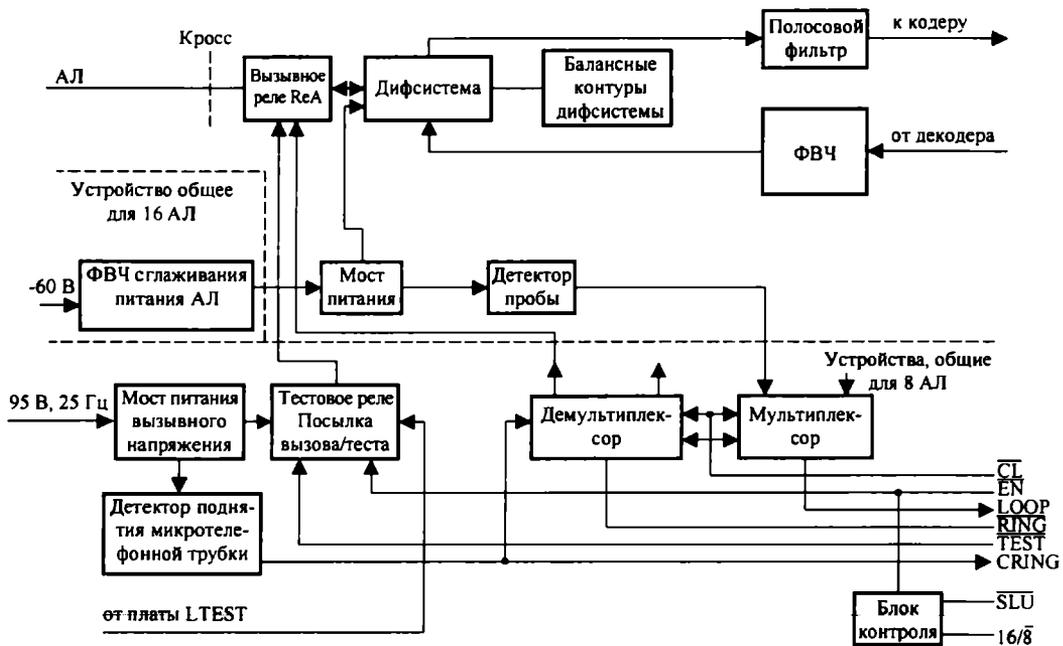


Рис. 4.3. Структурная схема платы SLU16C

Подача напряжения питания микрофонов на АЛ осуществляется через ФВЧ сглаживания питания АЛ, мост питания, дифсистему и вызывное реле. Благодаря дифсистеме это напряжение не попадает в цепи, идущие к кодеру.

На кроссе АТС устанавливаются грозозащитники (первичная защита), а в схеме SLU16C с помощью диодов предусмотрена защита от опасных напряжений на четырехпроводной стороне дифсистемы и в детекторе поднятия микрофонной трубки.

Сигнал управления вызывным реле (сигнал RING на рис. 4.3) поступает от процессора абонентской сигнализации, находящегося на плате кодера. Выбор конкретной АЛ происходит по совокупности сигналов CL, EN. Сигнал RING поступает на каждое реле с интервалом 2 мс. Процессор абонентской сигнализации управляет передачей вызывного сигнала группе из 8 АЛ таким образом, что в каждый момент времени посылаются вызывной сигнал только одному абоненту.

В исходном состоянии, когда микрофонная трубка абонента положена, АЛ через вызывное реле (верхнее положение контактов), дифсистему, мост питания и ФВЧ сглаживания питания АЛ подключена к источнику питания напряжением -60 В. Если абонент поднял микрофонную трубку, в АЛ начинает проходить ток. Это обнаруживает детектор пробы, после чего по специальным программам управляющие и исполнительные устройства АТС через КП подключают к декодеру цифровой генератор тональных сигналов, находящийся в групповой ступени станции. Этот генератор вырабатывает сигнал «Ответ станции» в цифровой форме и передает его в декодер в одном из каналов внутренней

ИКМ линии. Декодер преобразует этот сигнал в аналоговую форму и через ФВЧ, дифсистему и вызывное реле посылает его абоненту.

Аналогично вызываемому абоненту передается сигнал «Контроль посылки вызова».

Если вызываемый абонент ответил во время посылки сигнала «Вызов», детектор поднятия микрофонной трубки регистрирует прохождение постоянного тока в одной из 8 АЛ. После этого детектор поднятия микрофонной трубки блокирует цепи подачи сигналов управления сразу 8 вызывным реле (вне зависимости от того, посылаются через них сигналы вызова или нет) и передает сигнал CRING в процессор абонентской сигнализации. Затем происходит отпускание вызывных реле и подключение их к дифсистеме. Детектор пробы определяет АЛ, абонент которой ответил на сигнал «Вызов», и через мультиплексор посылает сигнал LOOP в процессор абонентской сигнализации. С помощью сигналов CL и EN процессор прекращает подачу сигнала «Вызов» ответившему абоненту (вызывное реле не получает сигнала управления и остается подключенным к дифсистеме). Для других абонентов, получающих сигнал «Вызов», эти реле будут вновь возвращены в исходное состояние.

Во время разговора АЛ через вызывное реле подключена к дифсистеме. Передающий тракт через полосовой фильтр подключен к кодеру, а приемный – к декодеру. Управление кодером и декодером осуществляется процессором абонентской сигнализации, находящимся на плате декодера. Один процессор обслуживает один кодер и один декодер (или 64 АЛ). Кроме того, кодер осуществляет концентрацию нагрузки: сигналы от 64 абонентских линий распределяются на 30 канальных интервалов линии ИКМ-30 (подробнее об этом будет рассказано в гл. 5).

Дифсистема платы SLU16C выполнена по трансформаторной схеме.

С помощью вызывного реле абонентская линия подключается к тестовой линии платы LTEST. Сигналы, управляющие вызывным реле (RING), тестовым реле (TEST), а также сигналы выбора реле (CL, EN) периодически подаются из процессора абонентской сигнализации. Через блок контроля процессор получает сведения о наличии платы SLU16C на каскаде (сигнал SLU) и о типе блока абонентских комплектов, установленного на данной каскаде (сигнал 16/8). Правильность работы кодера и декодера контролируется ЭВМ технической эксплуатации ЭАТС 200.

На рис. 4.4 приведена структурная схема кодера SUC. Все сигналы, необходимые для его работы, формируются из синхросигналов, получаемых из декодера SUD.

Поступающие из плат SLU16C речевые сигналы поступают на схемы SUC. Мультиплексор, управляемый процессором абонентской сигнализации SSP, осуществляет предварительную концентрацию нагрузки (каждой из 64 АЛ предоставляется один из 30 временных каналов внутренней линии ИКМ-30; при отсутствии свободных временных канальных интервалов абоненту подается сигнал «Занято»).

В схеме кодирования осуществляется аналого-цифровое преобразование речевых сигналов. Кодер SUC реализует А-закон компандирования. С выхода схемы кодирования временные канальные интервалы подаются в декодер SUD.

Схема обратной передачи в декодер обеспечивает процедуры технической эксплуатации кодера SUC. Структурная схема декодера SUD показана на рис. 4.5.

Отметим особенности реализации абонентского стыка в цифровой ЭАТС 200:

1) для развязки цепей питания и контроля с электронными цепями низкого напряжения используются миниатюрные электромагнитные реле (вызывное и тестовое реле);

2) кодирование (декодирование) речевых аналоговых сигналов, поступающих с АЛ, и их временное уплотнение (обратное преобразование) осуществляются групповым кодером (декодером);

3) дифсистема выполнена по трансформаторной схеме.



Рис. 4.4. Структурная схема кодера SUC

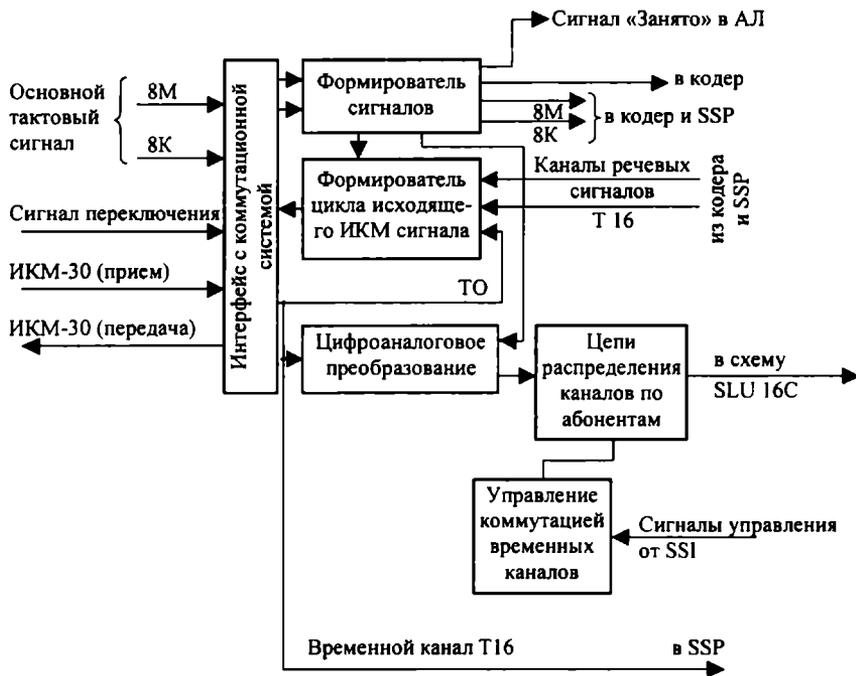


Рис. 4.5. Структурная схема декодера SUD

Абонентский комплект цифровой АТС АХЕ 10

Для цифровой системы АХЕ 10 шведская фирма L.M. Ericsson Telephone Co. разработала другой вариант абонентского комплекта (рис. 4.6). В данном комплекте, лишь две функции (TEST и RING) выполняются с помощью герконовых реле, а все остальные – либо аппаратно (микросхемы SLIC и SLAC), либо с помощью микропроцессора программно (один микропроцессор обслуживает 8 АЛ с комплектами). На одной стандартной плате помещаются 8 абонентских комплектов.

Сравнивая абонентские комплекты станций ЭАТС 200 и АХЕ 10, укажем на отличительные особенности последнего:

- 1) электромагнитные реле заменены на герконовые;
- 2) дифсистема выполнена по бестрансформаторной схеме;
- 3) большая часть функций BORSCHT реализуется индивидуальными для каждого абонентского комплекта микросхемами SLIC и SLAC, причем в последнюю входят кодер и декодер.

Электронный абонентский комплект цифровой АТС D 70

Высшим достижением в области создания абонентских комплектов цифровых АТС, реализующих функции BORSCHT, следует считать разработку и выпуск комплектов, построенных только на специализированных БИС.

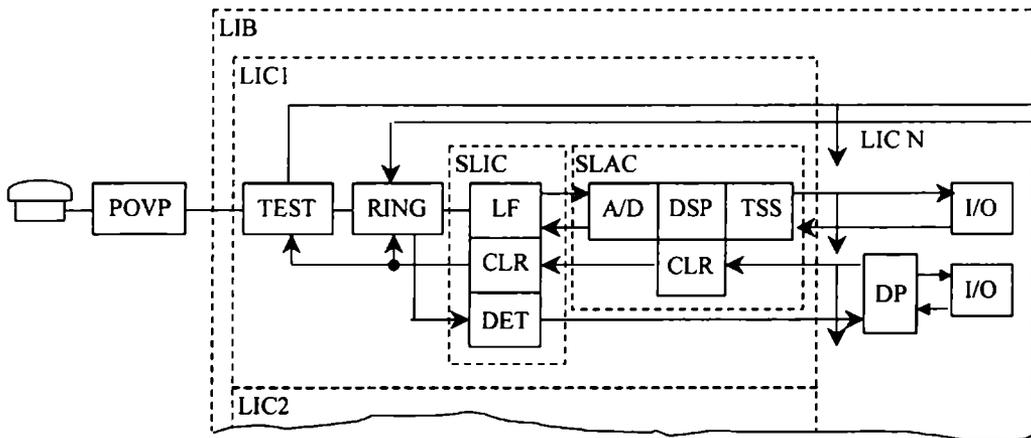


Рис. 4.6. Структурная схема абонентского комплекта цифровой АТС АХЕ 10

LIB – группа из 128 абонентских комплектов; LIC – электронные абонентские комплекты; POVP – первичная защита от перенапряжений; TEST – реле для соединения с шиной контроля; RING – реле для подачи вызывных сигналов; LF – запитка микрофонов, дифсистема; CLR (в модуле SLAC) – реле управления; DET – детектирование сигналов; A/D – аналого-цифровой и цифроаналоговый преобразователи; DSP – передача цифровых сигналов; TSS – формирование временных каналов; CLR (в модуле SLIC) – контроль микросхемы SLIC; DP – микропроцессор; I/O – устройство ввода/вывода

Инженеры японской фирмы NTT начали разработку абонентских комплектов цифровой АТС D 70 в 1978 г. Несколько лет ушло на разработку и опытную эксплуатацию, а в 1984 г. началось их серийное производство.

Распределение функций BORSCHT по специализированным БИС показано в табл. 4.2, а структурная схема абонентского комплекта станции D 70 приведена на рис. 4.7.

Таблица 4.2. Распределение функций BORSCHT по элементам СБИС D 70

Функция	Рабочее напряжение, В	Распределение функций	
		по корпусам БИС	по другим элементам
В	60		Грозо-разрядники
О	200...500		Грозо-разрядники
Р	320		Грозо-разрядники
С	10...60		Грозо-разрядники
Н	10		Грозо-разрядники
Т	320	Грозо-разрядники	схема подключения к контролю
Управление комплектом		CONT	

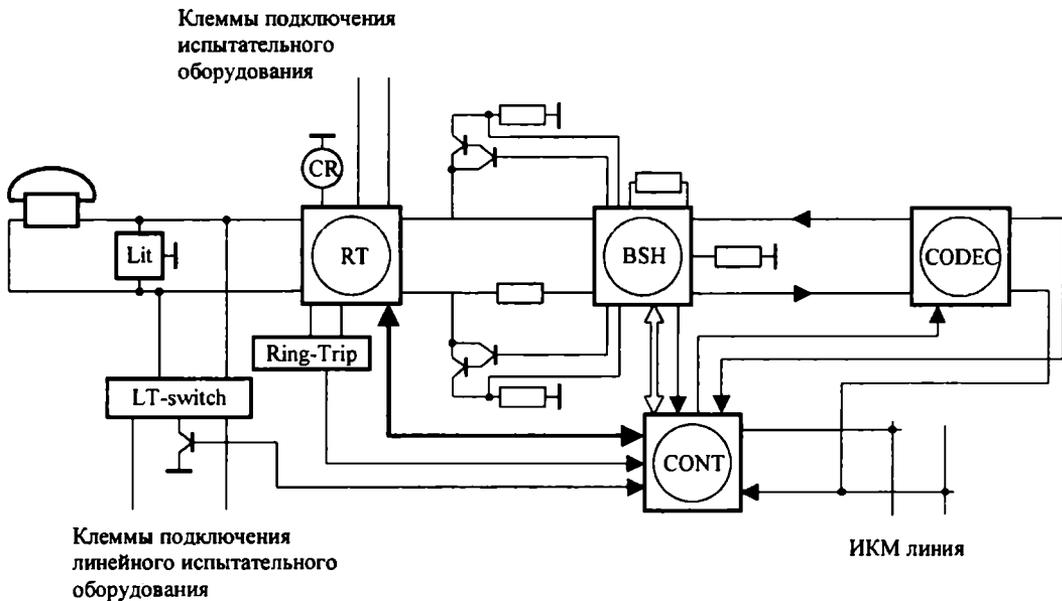


Рис. 4.7. Структурная схема абонентского комплекта D70

LT-switch – схема подключения к испытательному оборудованию, С – генератор сигнала «Контроль отправки вызова», Ring-Trip – схема распознавания подъема трубки, Lit – грозоразрядник

Восемь абонентских комплектов размещены на одной плате. Абонентский комплект АТС D 70 обладает следующими отличительными особенностями:

- 1) является полностью электронным с использованием специализированных БИС;
- 2) дифсистема построена по бестрансформаторной схеме;
- 3) является индивидуальным устройством (все функции BORSCHT реализуются в самом абонентском комплекте).

По оценкам специалистов фирмы Siemens, стоимость устройств согласования абонентских и соединительных линий составляет около 70% стоимости всей цифровой системы коммутации. Поэтому становятся понятными усилия многих разработчиков телефонной аппаратуры по созданию специализированных БИС для абонентских комплектов, что позволяет значительно сократить их стоимость (иногда до 40%). Хотя, несмотря на это, некоторые фирмы объявили о создании абонентских комплектов, в состав которых наряду с БИС входят реле.

О создании безрелейных абонентских комплектов цифровых АТС на специализированных БИС объявили несколько фирм, в том числе итальянская SGG-ATES. Абонентский комплект, разработанный ею, содержит две микросхемы – сигнального процессора и абонентского стыка с линией. Собственную интегральную схему абонентского комплекта для станций System 12 выпускает также фирма ИТТ.

4.3. Цифровой абонентский стык

Создание различными фирмами цифровых телефонных аппаратов можно рассматривать как альтернативу дорогим, но имеющим множество сервисных функций и дополнительных возможностей аппаратам технологии ISDN. Однако, с точки зрения стандартизации, цифровой абонентский стык является «чистым листом», на котором каждая фирма может писать свои правила. Это означает, что цифровой ТА, например, фирмы Siemens, реализуя практически весь спектр функций ISDN телефона, может работать только при подключении к телефонным станциям фирмы Siemens (EWSD, Nicom). То же самое относится к цифровым ТА Ericsson, Alcatel и др. Каждая фирма создает для своих станций определенный интерфейс, который поддерживает «родной» протокол для «своего» цифрового ТА. Поэтому для описания цифрового абонентского стыка можно говорить только об общих принципах организации цифрового обмена по абонентской линии.

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

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

Четырехпроводная система. Эта система первоначально внедрялась на цифровых абонентских сетях для предоставления абонентам нетелефонных услуг при двусторонней независимой передаче цифровой информации.

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. Учитывая, что высокоскоростная передача по абонентской сети цифровых АТС, как правило, не требуется, это делает систему экономически невыгодной. В связи с этим данная система имеет ограниченное применение, в частности для пользователей в учреждениях.

Двухпроводная система с частотным разделением направлений. По сути дела это двухпроводная двухполосная система связи, в которой необходимо иметь полосу в два раза шире полосы передаваемой информации для одного канала. Упрощенная структурная схема такой системы показана на рис. 4.8.

Реально реализованные системы этого класса имели несколько иную структуру, основным отличием которой было использование дифсистем, что позволяло уменьшить взаимное влияние направлений передачи (рис. 4.9.). Передача информации ведется бифазным кодом. В одном направлении X_1 передача ведется кодом один период/символ (ViPh1), а в другом направлении X_3 – кодом три периода/символ (ViPh3).

Однако, из-за сложности реализации фильтров на БИС и СБИС такие системы не получили широкого применения.

Двухпроводная система с временным разделением направлений. В системе с временным разделением направлений интервалы для передачи и приема разделены во времени. При передаче от станции к абоненту цифровой сигнал накапливается в буферном запоминающем устройстве и затем считывается со скоростью в два раза большей. При этом сигналы передаются в виде пакетов. На абонентской стороне сигналы, передаваемые со станции, накапливаются в буферном ЗУ и затем считываются в виде непрерывной последовательности цифрового сигнала.

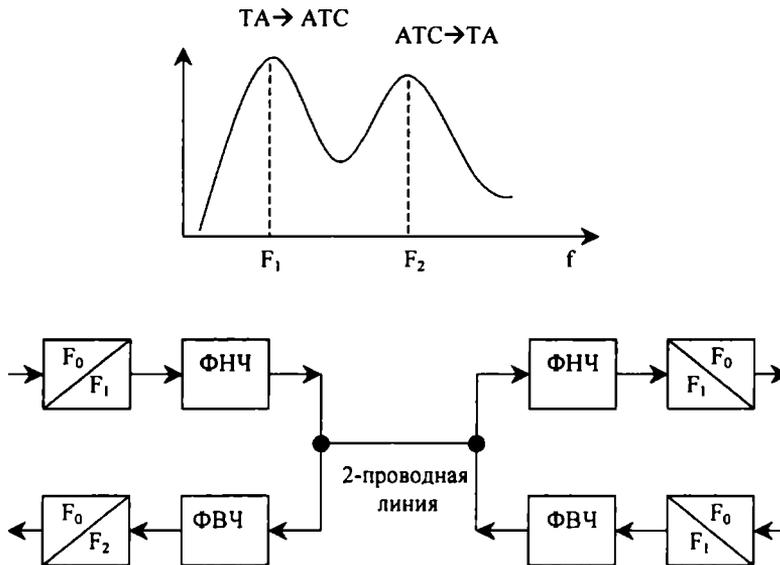


Рис. 4.8. Упрощенная схема системы передачи с частотным разделением направлений

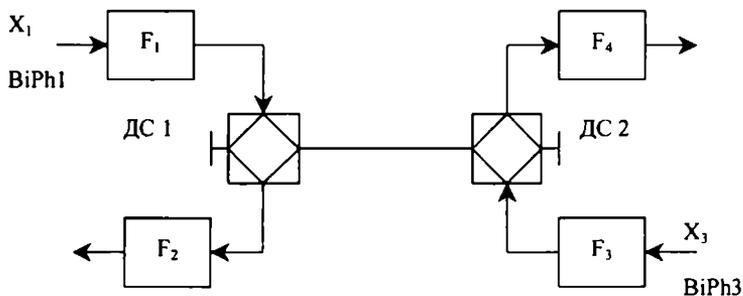


Рис. 4.9. Система передачи с частотным разделением направлений и дуплексными

Передача сигналов от абонента на станцию происходит аналогичным образом в виде пакетов с использованием незанятого временного интервала. Этот метод получил название «пинг-понг» (или метод с поочередным переключением направлений).

Благодаря тому, что скорость передачи по кабелю в два раза больше скорости передачи сигналов источника (сигналы пакетов станции передаются в кабель полностью синхронизированными по фазе), устраняется переходное влияние на ближнем конце, что было затруднительно при 4-проводной передаче.

Однако, реализация метода «пинг-понг» с наименьшими затратами имеет один недостаток – небольшую зону действия (около 2 км). Поэтому, для организации системы с большой емкостью и большой протяженностью используют различные методы компрессии во времени. Более того, если осуществить синфазную передачу по одному и тому же кабелю, то даже при наличии нескольких трактов типа «пинг-понг» с разными скоростями передачи, можно значительно увеличить протяженность линии.

На рис. 4.10 представлена структурная схема двухпроводного тракта с временным разделением направлений, обеспечивающего полный дуплексный режим работы. Передача осуществляется в виде пачек импульсов между абонентским полукомплексом АПК и станционным полукомплексом СПК, которым заканчивается цифровая абонентская линия.

Переключение станционного и абонентского оборудования на режимы передачи или приема осуществляется коммутаторами К по сигналам, получаемым от устройства синхронизации (СИНХР). Стыки информационных потоков на обоих концах осуществляются по 4-проводной схеме. Входящая цифровая информация записывается в ЗУ и преобразуется передатчиком в короткие пачки цифровых сигналов, которые с более высокой скоростью передаются по линии. Скорость передачи пачек должна быть такой, чтобы эффективная скорость передачи была равна или превышала скорость цифрового потока на входе, иначе часть информации будет потеряна.

Важной задачей для системы с временным разделением направлений является выбор скорости передачи и длины пачки. Скорость передачи с одной стороны ограничивается пропускной способностью среды передачи, а с другой – определяется требованиями организуемых услуг связи. Цифровые ТА в первую очередь должны обеспечивать услуги телефонной связи, для которых требуется скорость 64 Кбит/с, принимаемая за основу при проектировании цифровых телефонных сетей. Однако эта скорость может быть значительно снижена при использовании методов дифференциального и адаптивного кодирования речи, что также позволяет увеличить длину линии связи.

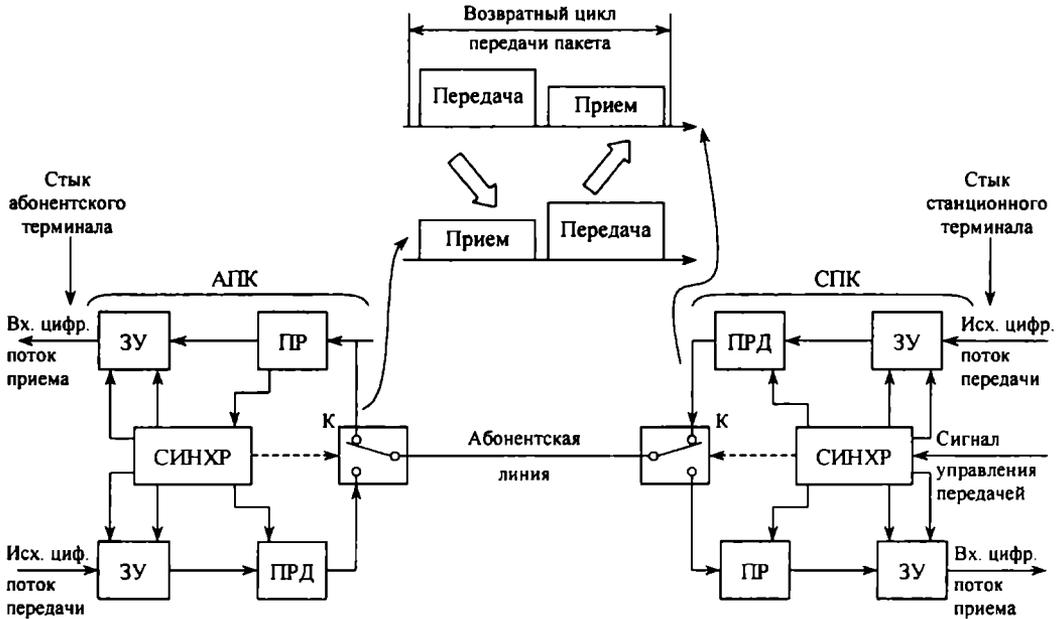


Рис. 4.10. Принцип временного разделения направлений передачи

Двухпроводная система с адаптивными эхокомпенсаторами. Как уже упоминалось ранее, для разделения направлений передачи цифровых сигналов могут использоваться дифсистемы. При этом используется тот факт, что при согласовании выходного сопротивления передатчика с комплексным сопротивлением линии, амплитуда сигнала в линии будет равна половине амплитуды передаваемого сигнала. Поэтому принимаемый сигнал может быть получен путем вычитания половины выходного сигнала передатчика из суммарного сигнала в линии (рис. 4.11).

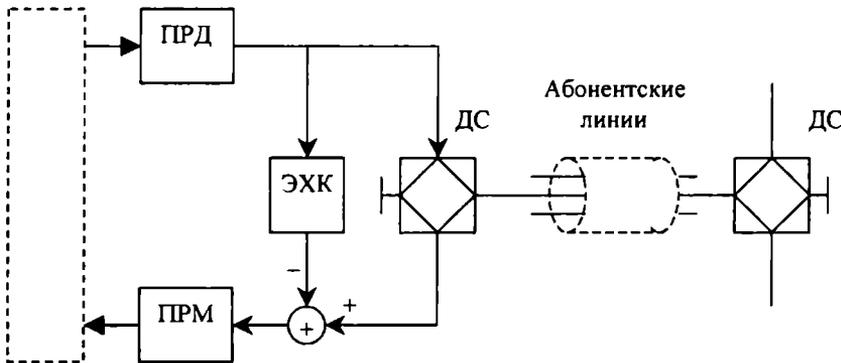


Рис. 4.11. Структурная схема системы с адаптивными эхокомпенсаторами
 ПРД – передатчик, ПРМ – приемник, ДС – дифсистема, ЭХК – эхокомпенсатор

Однако стандартные дифсистемы не могут обеспечить полного разделения трактов передачи и приема. Чтобы сохранить требуемые характеристики по переходному затуханию на ближнем конце в широкой полосе частот, вводятся эхокомпенсаторы ЭХК (рис. 4.11), которые препятствуют проникновению импульсов из тракта передачи в тракт приема.

Кроме этого, поскольку определяющее значение на качество передачи оказывает переходное влияние на ближнем конце, то при балансировке дифсистем большое значение имеет протяженность линии передачи. Положение осложняется также наличием проводов различного диаметра и кабелей различных марок, имеющих различные характеристики, в составе одной абонентской линии. Для компенсации разброса величины входного сопротивления абонентской линии в цифровых абонентских линиях предусматривается автоматическая подстройка балансного контура дифсистемы. Однако в этом случае технически очень трудно устранить межсимвольную интерференцию, обусловленную несовершенством АРУ, автоматического корректора отраженного сигнала и системы регулирования собственно эхокомпенсатора.

Для преодоления трудностей, связанных с передачей цифровых сигналов по абонентским линиям, были предложены цифровые дифсистемы, объединенные с цифровыми эхокомпенсаторами. Последние обеспечивают подавление эхосигналов не менее чем на 45 дБ. Поэтому применение их на абонентских линиях особенно целесообразно.

4.4. Абонентский стык ISDN

Использование цифровых абонентских линий, в первую очередь, позволяет обеспечивать пользователей качественной связью, значительно расширить спектр предоставляемых услуг, увеличить скорость передачи. Развитие цифровых телефонных сетей прежде всего связано с технологией ISDN (Integrated Services Digital Network). Кроме телефонии сети ISDN позволяют: передавать данные, объединять удаленные локальные вычислительные сети (ЛВС), обеспечить доступ к Интернет, передавать трафик видеоконференцсвязи.

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 трафика (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 трафика 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} .

При этом необходимо отметить, что МСЭ-Т не проводил стандартизацию этих интерфейсов. Для интерфейса U_0 официальной причиной считается то, что физические характеристики линий, которые применяются для ISDN, в разных странах отличаются друг от друга, а форма сигнала на стыке должна быть согласована с этими характеристиками. Однако реальной причиной, по мнению многих специалистов, является совпадение интересов компаний, выпускающих телекоммуникационное оборудование, и операторов связи. Первые не хотят вносить изменения в уже разработанные ими различные стандарты для U -интерфейса, а вторые имеют возможность зарабатывать на аренде терминального оборудования.

Несмотря на это в абонентском доступе ISDN нет такого многообразия, как при цифровом абонентском доступе. В настоящее время в мире используется в основном три типа U -интерфейса, которые различаются протоколами линейного кодирования: 2B1Q, 4B3P и U_{p0} . Из них в Европе наибольшее распространение получило использование кода 2B1Q с обеспечением дистанционного питания терминального оборудования через интерфейс U номинальным напряжением 90-120 В. Такое решение поддерживается практически всеми европейскими компаниями (Siemens, Ericsson, Alcatel, Italtel и др.). Поэтому существует большая степень вероятности, что терминальное оборудование абонента будет взаимодействовать с используемой цифровой АТС.

На стороне цифровой АТС абонентские линии включаются в линейные комплекты (LT) и станционные окончания (ET), которые для каждой станции являются частью оборудования абонентских комплектов.

Структура интерфейса U_{k2} также не стандартизирована, поскольку обычно данный интерфейс соответствует физическим и канальным характеристикам, а также цикловой структуре стандартного канала Е1 (рекомендации G.703, G.704 МСЭ-Т).

Основные различия между возможностями интерфейсов U_0 и U_{k2} состоят в следующем:

- соединение для PRI возможно только для режима «точка-точка». BRI может поддерживать режим соединения «точка-многоточка»;
- питание интерфейса PRI должно обеспечиваться либо отдельным каналом питания, либо отдельным блоком питания;
- физический уровень PRI постоянно активен (что обусловлено применением этого интерфейса в основном для оборудования, работающего постоянно). В связи с этим процедуры активации и деактивации интерфейса PRI отсутствуют;
- для организации обмена сигнальной информацией в PRI и в BRI используется выделенный канал (D -канал), который обычно соответствует 16-му канальному интервалу ИКМ.

В интерфейсах типа U могут использоваться протоколы, основные из которых приведены в табл. 4.3. В Европе наибольшее распространение из них получил протокол E-DSS1 (другие названия евро-ISDN, ETSI). В России и Беларуси E-DSS1 одобрен в качестве национального стандарта для ISDN сетей.

Таблица 4.3. Протоколы для сети ISDN

Протокол	Взаимодействие с АТС	Область распространения
E-DSS1	со всеми	Европа
CorNet-T	Siemens	Европа
CorNet-N	Siemens	Европа
ITR-6	Bosch/Telenorma	Германия
TN1R6-T	Bosch/Telenorma	Германия
TN1R6-N	Bosch/Telenorma	Германия
NI-1, NI-2	Lucent, NORTEL, Harris	Северная Америка

Как показано на рис. 4.12, к цифровой АТС подключаются сетевые окончания NT: NTBA или NTPA. (В некоторых случаях при первичном доступе функции NTPA могут включаться в УПАТС.) Назначение сетевого окончания – преобразование интерфейса U в

интерфейс S_0 (интерфейс «пользователь-сеть») для подключения ISDN оборудования. Интерфейс S_0 использует 4-проводную линию связи и стандартизирован в рекомендациях МСЭ-Т I.430, Q.921, Q.931. Ряд цифровых АТС имеют встроенные стыки типа S_0 для непосредственного включения ISDN оборудования – в случае, когда расстояние между оборудованием и АТС не превышает нескольких сотен метров.

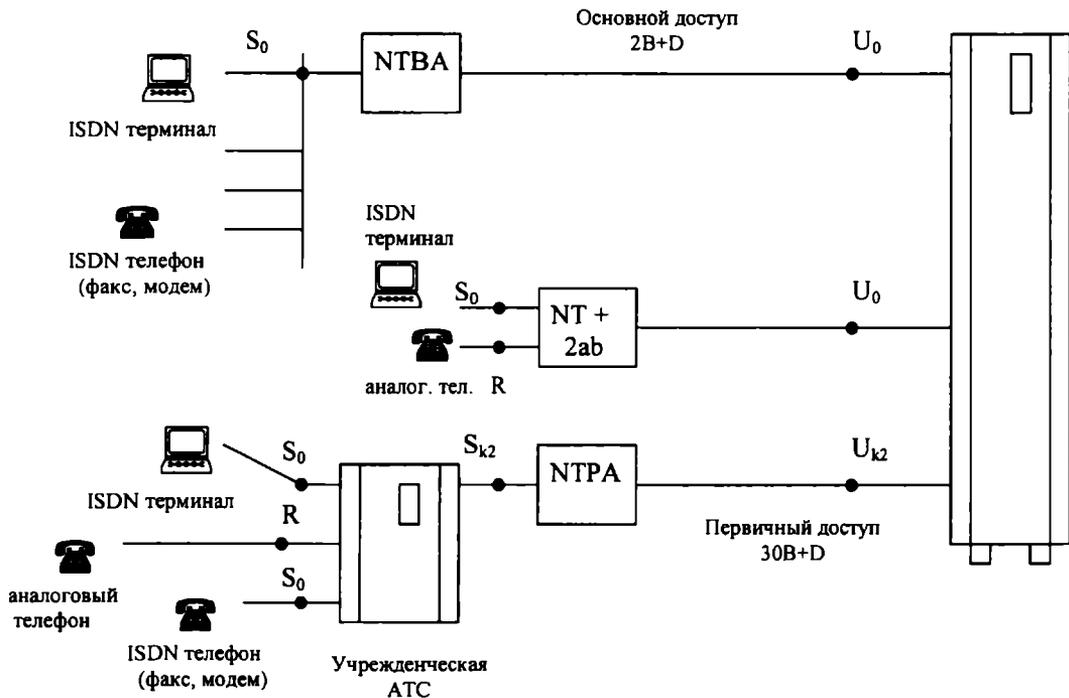


Рис. 4.12. Примеры подключений в сети ISDN

В заключение отметим, что интерфейсы BRI и PRI широко используются для подключения учреждений АТС к телефонной сети общего пользования (интерфейс BRI обеспечивает 2 соединительные линии, а PRI – 30 соединительных линий) благодаря удобству использования в них протокола E-DSS1. Хотя такие стыки, в принципе, должны считаться уже на абонентскими, а сетевыми.

4.5. Сетевые стыки цифровых АТС

Под сетевым стыком будем понимать точку подключения к цифровой АТС оборудования, отличного от абонентского. Это могут быть другие АТС, устройства сопряжения с сетями доступа, передачи данных, управления и др. Практически невозможно в одной главе рассмотреть все многообразие сетевых стыков и их подробные характеристики. Поэтому мы остановимся на наиболее, с точки зрения авторов, важных из них.

Стык с ЦСП

При соединении цифровой АТС с другой цифровой АТС, или при установлении между цифровой АТС и подключаемой аналоговой АТС цифровой системы передачи, на первой организуется цифровой стык. 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. Казалось бы, никаких проблем в отношении стыковки ЦСП и цифровых коммутационных систем быть не должно. Однако в действительности положение обстоит несколько иначе. *Во-первых*, в телефонной сети могут использоваться (и реально используются) ЦСП, не входящие в иерархию систем передачи МККТТ (например, ИКМ-15, специальные ЦСП АЛ). *Во-вторых*, в силу особенностей построения цифровых КП структура циклов внутри них отличается от структуры циклов ЦСП. МККТТ определил, что не будет выдвинуто никаких требований 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 стыку 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 демультиплексировании внутри АТС.

Например, в ЭАТС 200 сопряжение ИКМ линий (ИКМ-30) со станцией осуществляет блок ЕТ, в котором предусмотрены специальные схемы для электрического согласования ИКМ линии с АТС.

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

Структуры циклов ИКМ-30 и циклов внутри ЭАТС 200 одинаковы, поэтому необходимость их согласования отпадает. Кроме того, на блок ЕТ возложена обязанность контроля качества передачи сигналов по ИКМ линии.

Содержимое временных канальных интервалов $T1, \dots, T15, T17, \dots, T31$, а также канала сигнализации $T16$ проходит через блок ЕТ без изменений (не считая перекодировки) в обоих направлениях.

Преобразованию подвергаются биты канального интервала $T0$. ЭВМ техобслуживания ОМС управляет блоком ЕТ по каналному интервалу $T0$ и может осуществлять следующее:

- 1) установку блока ЕТ в состояние нормальной работы;
- 2) переключение блока ЕТ в режим диагностики;
- 3) передачу сигнала аварии в

коммутационную систему ЭАТС 200 и на дальний конец ЦСП.

Блок ЕТ состоит из двух плат: блока цикловой синхронизации (FRAL) и регенератора (согласующего регенератора IR или стационарного регенератора TR) (рис. 4.13).

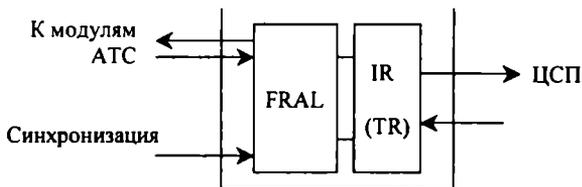


Рис. 4.13. Структура блока ЕТ

Стык с аналоговыми соединительными линиями и системами передачи

Довольно часто на начальных этапах внедрения цифровой телефонной сети 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 стык. На рис. 4.14 показаны принципы согласования цифровой ЭАТС 200 с городскими станциями типа АТС-47, АТС-54, АТСК и АТСК-У по двухпроводным физическим соединительным линиям с сигнализацией постоянным током.

Согласующее устройство (рис. 4.15) условно можно разделить на две части: канальную и сигнально-синхронизирующую. Схемы, размещенные в каналах согласующего устройства, преобразуют сигнальные послылки постоянного тока физических соединительных линий в сигналы, подаваемые в блок управления. Канальная часть не производит никакой логической обработки сигналов, поступающих из линий.

Блок управления стробирует сигнальную информацию каждой соединительной линии через 2 мс. Осуществив отсчет, он обрабатывает его и посылает соответствующие кодовые послылки (согласно кодам 16-го канального интервала ИКМ-30) в сопрягающий блок, который осуществляет согласование блока управления с ИКМ аппаратурой по принципу противонаправленного стыка.

Все необходимые для работы согласующего устройства синхронизирующие сигналы вырабатывает блок тактового синхронизма.

Аналоговые системы передачи с объединением частотно-разделенных каналов (по-старому, системы с ЧРК) достаточно долго сохраняются на сети в переходный период от аналоговой телефонной сети к цифровой. Поэтому необходимо согласование этих систем с цифровыми АТС.

Сопряжение аналоговых и цифровых систем передачи и коммутации может быть обеспечено с помощью специальной аппаратуры трех видов:

- кодеров групповых сигналов с частотным разделением;
- трансмультиплексоров;
- модемов.

Кодеры групповых сигналов с частотным разделением предназначены для преобразования аналоговых групповых сигналов в цифровую форму с целью передачи их по цифровым трактам. Они применяются при организации связи между аналоговыми зонами сети связи с помощью цифровых систем передачи.

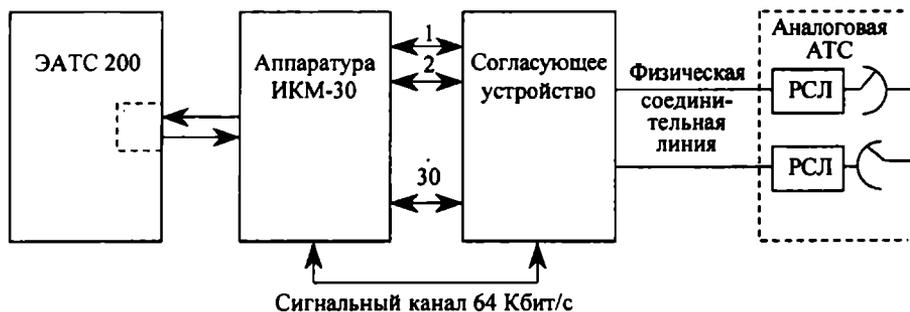


Рис. 4.14. Схема связи ЭАТС 200 с электромеханическими АТС (РСЛ – реле СЛ)

Если требуется соединение цифровых зон связи с помощью аналоговых систем передачи, могут быть использованы либо *трансмultipлексоры*, предназначенные для поканального преобразования групповых сигналов ЦСП в аналоговые сигналы и обратно, либо *модемы*, функцией которых является преобразование цифровых потоков к виду, необходимому для их передачи в линейных трактах аналоговых систем передачи.



Рис. 4.15. Схема согласующего устройства

Трансмultipлексоры позволяют более эффективно использовать пропускную способность аналоговых трактов при передаче в них сигналов отдельных каналов, однако с помощью модемов можно передавать цифровые сигналы с более высокой скоростью. Кроме того, модемы отличаются от трансmultipлексоров более низкой стоимостью.

Выбор того или иного типа устройства производится с учетом конкретных условий организации связи и экономических показателей.

Стык с сетью доступа

Практически до сегодняшнего дня МСЭ-Т не проводил стандартизацию интерфейсов для подключения цифровых линий коммутационных систем. Почти для всех цифровых АТС сегодня для этих интерфейсов используются тракты 2048 Кбит/с и собственные протоколы различных разработчиков. Это фактически означает ограничение для операторов связи на свободу выбора дополнительного оборудования при расширении станции, с целью оказания новых услуг или обслуживания новых абонентов.

В общем смысле 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*.

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 табл. 4.4.

Таблица 4.4. 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

Стык с сетью TMN

Развитие телекоммуникационных сетей от полностью аналоговых до плезиохронных и полностью цифровых с использованием технологии SDH, по-новому поставил вопрос администрирования и управления такими сложными сетями. Многие производители оборудования в настоящее время используют различные системы управления для различных производственных, оперативных и административных задач. Централизация управления в этом смысле затруднена из-за использования различных типов пользовательских и сетевых интерфейсов.

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.

TMN концептуально представляет собой отдельную сеть (рис. 4.16), 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.

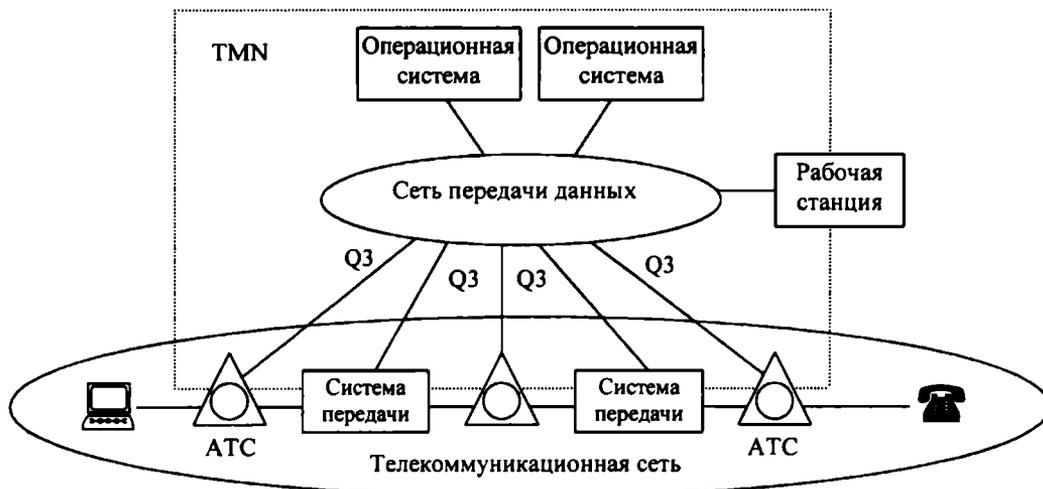


Рис. 4.16. Взаимодействие между телекоммуникационной сетью и TMN

На цифровых АТС стандартный интерфейс Q3 реализован обычно в виде подсистемы 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).

Глава 5

Концентрация абонентской нагрузки

5.1. Принципы построения и функционирования концентраторов

В настоящее время функциональной частью практически любой цифровой коммутационной станции является *концентратор* – устройство позволяющее осуществить предварительное уплотнение абонентской нагрузки с целью более рационального использования соединительных линий между самим концентратором и основной (опорной) коммутационной станцией. Концентратор позволяет заменить большое число линий подключения удаленных абонентов к станции высокоскоростными цифровыми соединительными линиями (рис. 5.1). Это экономически и технически выгодно, поскольку интенсивность нагрузки на абонентскую линию составляет 0,1...0,2 Эрл, на соединительную линию – 0,7...0,8 Эрл. Особенно это эффективно для сельской местности, где абоненты рассеяны по большой территории и затраты на индивидуальные кабели от станции к каждому абоненту огромны. Концентратор позволяет сконцентрировать нагрузку от абонентов и передать ее на оптимально расположенную опорную АТС.



Рис. 5.1. Применение концентратора

В цифровых коммутационных станциях используются три типа концентраторов – смешанные, цифровые и аналогово-цифровые. *Аналого-цифровой* концентратор объединяет нагрузку k аналоговых каналов для передачи по l цифровым каналам ($k > l$). У *цифрового концентратора* входящие и исходящие каналы являются цифровыми. Концентратор, в котором входные каналы могут быть как аналоговыми, так и цифровыми, является *смешанным*. В смешанном концентраторе соотношение между аналоговыми и цифровыми входными каналами может модульно изменяться согласно потребностям. Выходные цифровые тракты как правило являются стандартными ИКМ трактами 2048 Кбит/с, соответствующие рекомендациям G.703, G.704 и G.732 МСЭ-Т.

Основной характеристикой концентратора является коэффициент концентрации – соотношение между количеством входящих каналов и каналов в исходящей цифровой линии. Например, при объединении 64 аналоговых абонентских линий в одну ИКМ-30 линию коэффициент концентрации равен 64:30.

Концентратор, территориально расположенный вне здания АТС, называют *удаленным*, если между ним и опорной АТС организована ЦСП. Если удаленный концентратор управляется своим управляющим устройством (а не из опорной АТС) и в нем разрешен внутренний обмен между абонентами, то он носит название *удаленного коммутационного модуля*. С сетевой точки зрения удаленный концентратор является подстанцией (ГОСТ 19472-80). К удаленным коммутационным модулям понятие «подстанция» неприменимо, так как эти модули становятся по существу отдельными АТС.

Концентратор выполняет следующие основные функции:

- прямое и обратное аналого-цифровое преобразование сигналов ТЧ, поступающих по аналоговым абонентским линиям;
- цифровое мультиплексирование/демultipлексирование сигналов с концентрацией нагрузки;
- согласование протоколов сигнализации реализуемых между концентратором и АТС с одной стороны и между концентратором и оконечными телефонными устройствами – с другой.

Исходя из вышеперечисленных функций, концентратор в общем случае должен содержать: абонентский комплект (АК), кодер/декодер, блок концентрации нагрузки, модуль интерфейса с ЦСП, модуль управления.

Эволюция схем построения концентраторов связана в первую очередь с совершенствованием элементной базы и принципов управления. Все существующие схемы концентраторов можно разделить на две группы – с использованием собственного коммутационного поля и без него. Основной функцией КП концентратора является собственно концентрация нагрузки. В принципе, концентрацию нагрузки в концентраторе можно осуществить и без применения КП, возложив эту функцию, например, на кодер (обратная операция выполняется декодером). Этот принцип используется в концентраторе и удаленном концентраторе системы ЭАТС 200 (рис. 5.2). Максимально в концентратор может быть включено 256 абонентов (концентрация 64:30). Для связи с опорной АТС может использоваться от 1 до 4 ИКМ линий. По сигналу ЭВМ обработки вызовов опорной АТС кодер включает речевые сигналы абонентской линии в заданный канальный интервал ИКМ-30. Если все 30 канальных интервалов во всех ИКМ-30 заняты, то следующий вызывающий абонент получит из концентратора сигнал «Занято». Концентраторы ЭАТС 200 имеют групповые кодеры и декодеры, которые управляются централизованно.

На первом этапе внедрения концентраторов из-за высокой стоимости кодеров/декодеров последние использовались в качестве групповых устройств. Управляющее

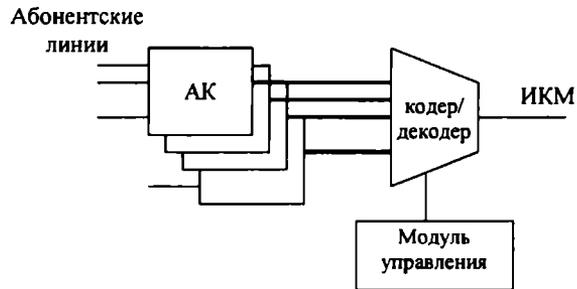


Рис. 5.2. Структурная схема концентратора ЭАТС 200

устройство выполняло самые примитивные функции и управлялось командами от опорной АТС. Коммутация абонентов, подключенных к концентратору, также не предусматривалась. Такое решение было принято в соответствии с принципом централизованного управления, при котором достигались максимальное упрощение концентратора и возможность исключения его постоянного обслуживания.

Концентраторы с собственным КП являются более сложными, но они более функциональны и в них, как правило, возможна внутренняя коммутация. Вначале КП концентратора было аналоговым и строилось на герконах. Примером может служить удаленный концентратор станции NEAX 61, состоящий из двух станционных модулей – модуля интерфейса аналоговых линий (может устанавливаться на станции в качестве концентратора) и двух модулей интерфейса цифровых линий (рис. 5.3). КП концентратора – аналоговое, применяются групповые кодеры и декодеры. Такие схемы построения концентраторов имеют свои преимущества: нет необходимости в специальных абонентских комплектах для согласования аналоговых абонентских линий с цифровым оборудованием АТС (выполнение функции BORSCHT); подача вызывных сигналов и питание микрофонов осуществляются через КП концентратора; применение групповых кодеров и декодеров, стоимость которых в 70-х гг. была ниже, чем индивидуальных, делало концентратор более дешевым.

Недостатками таких концентраторов являлись разнотипность коммутационного оборудования опорной АТС и концентратора, усложнение схем управления, низкая технологичность изготовления схем аналогового оборудования.

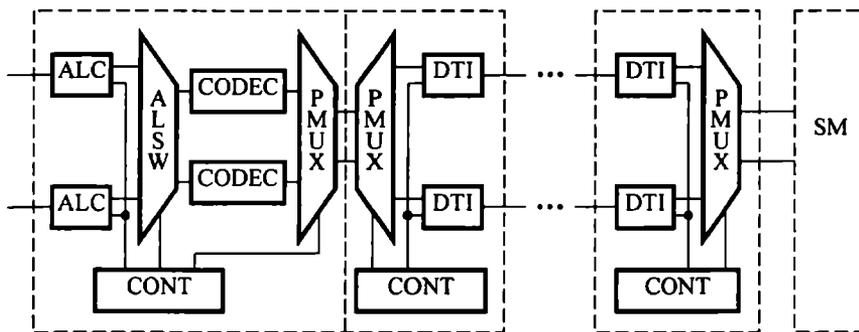


Рис. 5.3. Удаленный концентратор АТС NEAX 61

ALC – абонентский комплект, ALSW – двухзвенное аналоговое КП (обеспечивает концентрацию от 2:1 до 8:1), CODEC – кодер/декодер, PMUX – первичный мультиплексор, DTI – модуль интерфейса с ЦСП, CONT – контроллер, SM – КП станции

Современные тенденции в построении концентраторов состоят в децентрализации управления с использованием микропроцессоров и разрешении внутренней коммутации (превращение концентратора в удаленный коммутационный модуль). С появлением в 80-х годах дешевых БИС и СБИС кодеров и декодеров, общее уменьшение стоимости заказных микросхем привело к созданию концентраторов с цифровым КП и индивидуальными кодерами и декодерами для каждой абонентской линии. При этом концентратор становится по сути цифровой АТС малой емкости.

Введение внутренней коммутации позволяет не только разгрузить опорную АТС, но и обеспечить абонентов связью внутри модуля при аварии на опорной АТС, порыве кабелей и т.д. Максимально расширяется для абонентов круг дополнительных видов обслуживания

из-за возможности совместного использования оборудования опорной АТС и удаленного коммутационного модуля.

Стремление к разнообразию аппаратуры с помощью максимально малого набора модулей приводит к созданию концентраторов и удаленных концентраторов, принципы построения и аппаратурная реализация которых едины. Примером могут служить концентраторы и удаленный коммутационный модули систем МТ 20/25 и FETEX-150.

Концентраторы и удаленные концентраторы МТ-20/25 построены одинаково. В один концентратор можно максимально включить 768 аналоговых АЛ. Связь концентратора с цифровым КП станции осуществляется с помощью ИКМ линий (ЦСП ИКМ-30). В зависимости от величины нагрузки на концентратор и принятых норм потерь используется от 2 до 6 линий ИКМ.

Структурная схема концентратора представлена на рис. 5.4. В концентратор можно включать два типа абонентских комплектов: для включения обычных АЛ и для включения линий телефонов-автоматов. Абонентский комплект обычной АЛ осуществляет следующие функции (выполняется лишь часть функций BORSCHT): переход с двухпроводной линии на четырехпроводную; питание микрофона телефонного аппарата, определение состояния АЛ; посылку вызова в телефонный аппарат; подключение устройств контроля к абонентскому комплекту.

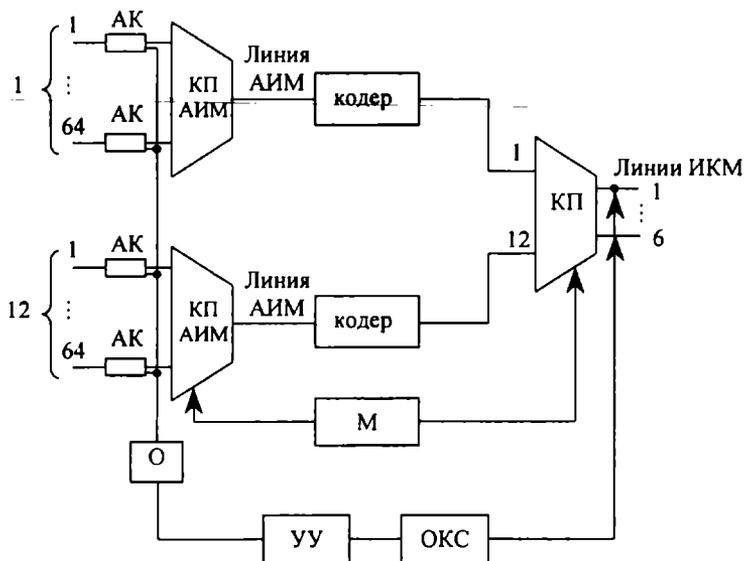


Рис. 5.4. Структурная схема концентратора МТ-25

АК – абонентский комплект; КП АИМ – коммутационное поле с амплитудно-импульсной модуляцией; КП – цифровое КП (S/T-ступень); УУ – управляющее устройство; О – определитель; ОКС – оборудование общего канала сигнализации; М – маркер.

Блок КП АИМ предназначен для коммутации 64 АЛ в один импульсно-временной тракт АИМ и преобразования аналогового речевого сигнала в сигнал с амплитудно-импульсной модуляцией (АИМ). Этот блок осуществляет концентрацию нагрузки 64:30. Для концентратора максимальной емкости 768 АЛ необходимо иметь 12 блоков КП АИМ и 12 трактов АИМ на 30 временных каналов в каждом.

Групповой кодер производит кодирование АИМ сигнала в ИКМ сигнал, поступающий на вход КП, и обратное преобразование сигнала, пришедшего из КП.

Цифровое КП относится к типу S/T -ступеней, $S/T: (12/32) \times (N/32)$, где $N = 2, \dots, 6$ – число ИКМ линий между концентратором и цифровым КП станции.

Система управления концентратора состоит из управляющего устройства, маркера и определителя. Определитель поочередно сканирует все абонентские комплекты и определяет их состояние. Эти сведения передаются в управляющее устройство. Маркер управляет коммутационными полями в блоках КП АИМ и КП в соответствии с командами, полученными из управляющего устройства, которое является программируемым (контроллером).

Структурная схема концентратора станции FETEX-150 показана на рис. 5.5, схема удаленного коммутационного модуля почти такая же. В концентратор может быть включено до 1920 аналоговых абонентов, обслуживаемая нагрузка – 90 Эрл, интерфейс с опорной АТС – до четырех ЦСП ИКМ-30. Отметим, что эти устройства в значительной степени отвечают современным требованиям к концентраторам (индивидуальные комплекты, реализующие функцию BORSCHT, цифровое КП, микропроцессорное управление и т.д.).

Следует отметить, что в качестве цифрового КП в концентраторах в настоящее время применяется в основном временная (T -ступень) и пространственно-временная (S/T -ступень) ступени коммутации.

Другим направлением развития концентраторов явилась разработка, в которой концентратор разделен на два отдельных модуля – основной и абонентский. В качестве примера рассмотрим линейный концентратор KN 1000 (название «линейный концентратор» дано разработчиками оборудования).

Как показано на рис. 5.6, линейный концентратор KN 1000 состоит из дублированного основного модуля концентрации (MCU), местного (LSM) и удаленного (RSM) абонентских модулей.

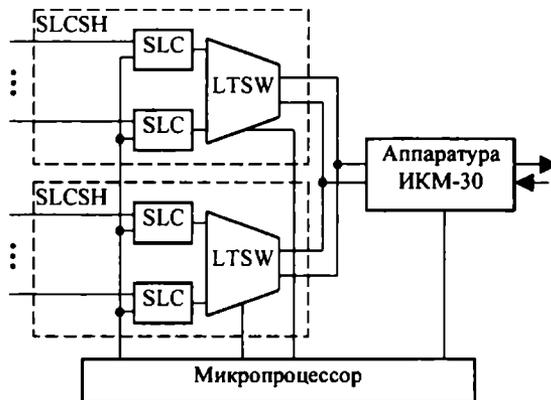


Рис. 5.5. Структурная схема концентратора FETEX-150

SLC – абонентский комплект, реализующий функцию BORSCHT, SLCSH – блок абонентских комплектов, LTSW – временная ступень коммутации (Т-ступень)

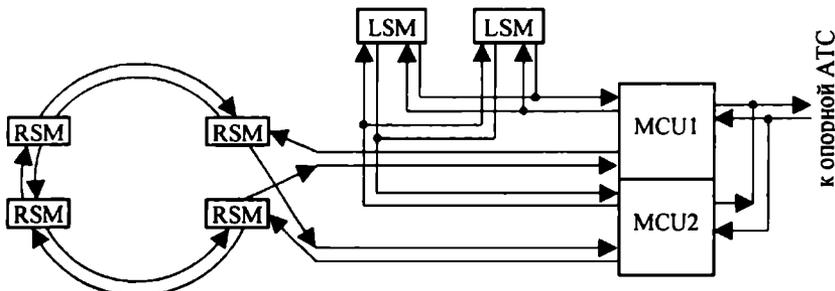


Рис. 5.6. Структурная схема линейного концентратора KN 1000

Абонентские модули соединяются с MCU стандартными ИКМ линиями, передающими речевую и управляющую информацию. Модули RSM подключаются к MCU с помощью кольцевой цифровой системы передачи. К одной такой системе передачи может быть подключено до 8 RSU, каждый со 160 абонентскими линиями. Максимальное общее количество LSU и RSU в концентраторе равно 16. Синхронизация абонентских модулей осуществляется по принципу «ведущий-ведомый», а сигнализация по ОКС с использованием системы сигнализации № 7 МККТТ.

Структурная схема местного абонентского модуля LSM приведена на рис. 5.7. Она содержит: линейный блок LU, осуществляющий функции BORSCHT, КП SN, процессор управления CP, последовательный передающий блок STU и блок синхронизации ТВ. Поле подключает 160 абонентских линий к 60 исходящим канальным интервалам. Оно позволяет осуществить внутренний обмен (соединение абонентов одного и того же модуля в LSM без выхода на опорную АТС). Процессор управления CP построен на 16-битовом микропроцессоре. Через 8-битовую шину он посылает сигналы управления в устройства, вырабатывающие сигналы для абонентской линии (вызывные сигналы, переполсовка, контроль состояния), и обрабатывает сигналы, получаемые из абонентской линии (включая сигналы набора номера). Передача этих функций процессору CP делает местный абонентский модуль LSM достаточно автономным от MCU.

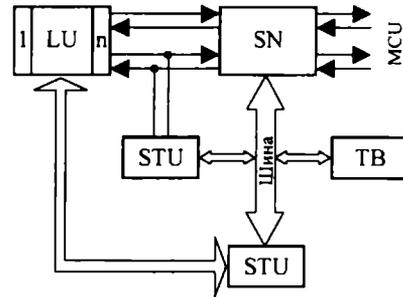


Рис. 5.7. Структурная схема модуля LSM

Удаленный абонентский модуль RSM отличается от модуля LSM только блоками, которые подключают его к кольцевой цифровой системе передачи. Кроме того, RSM содержит блок, используемый для контроля абонентских линий и линейных блоков.

Основной блок концентрации MCU (рис. 5.8) состоит из цифрового КП DSN, процессора управления CP, последовательного передающего блока STU, сигнального интерфейса SI с опорной АТС, блока контроля TU местных абонентских модулей и интерфейса кольцевой системы передачи RI для подключения удаленных абонентских модулей.

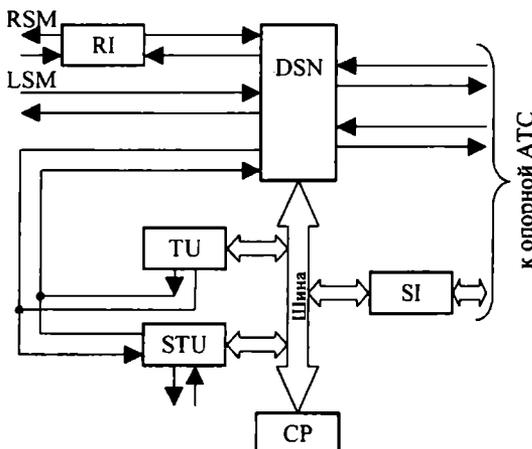


Рис. 5.8. Основной блок концентрации MSU

Цифровое КП, построенное на S/T-ступенях, является неблокируемым и обеспечивает концентрацию нагрузки. DSN также обеспечивает внутреннюю связь между абонентскими модулями, включенными в MCU.

Процессор управления CP, построенный так же, как и в абонентских модулях, управляет передачей сигналов в опорную АТС по общему каналу сигнализации и осуществляет доступ абонентских модулей к ИКМ линиям в направлении к опорной АТС.

Деление линейного концентратора KN 1000 на абонентские модули и основной модуль концентрации имеет следующие преимущества:

1) функции концентратора почти независимы от управляющих устройств опорной АТС. Это означает, что концентратор может быть использован в различных типах коммутационных систем;

2) такая структура, в силу автономности абонентских линий и опорной АТС, позволяет легко вводить дополнительные виды услуг и связи;

3) авария в одном из модулей не оказывает влияния на работу концентратора в целом по обслуживанию нагрузки;

4) программное обеспечение концентратора и опорной АТС построено так, что, несмотря на распределение абонентских модулей по территории телефонного района, концентратор рассматривается опорной АТС как одиночный местный блок;

5) структура концентратора позволяет почти линейно наращивать его емкость, которая может достигать 16 абонентских модулей по 160 абонентских линий у каждого, т.е. 2560 абонентов.

Похожим решением является двухступенчатая схема концентрации, применяемая, например, в цифровом абонентском концентраторе АТС СИ-2000 (рис. 5.9). Соединение вторичного концентратора DLX с первичным RBM осуществляется по ISDN линиям (базовый доступ), интерфейс *U*.

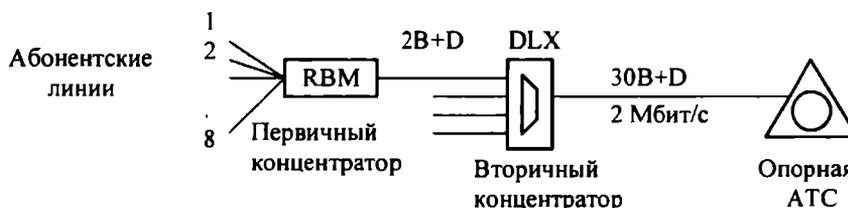


Рис. 5.9. Двухступенчатая концентрация нагрузки в АТС СИ-2000

Модуль DLX подключается к станции посредством 30 каналов ИКМ с общекабельной сигнализацией CCS, содержащей также сообщения технического обслуживания и диагностики. При этом используется протокол DSS1 (в соответствии с рекомендациями Q.921 и Q.931 МККТТ), скорость передачи – 2 Мбит/с. Модуль DLX обеспечивает подключение максимально 30 первичных концентраторов.

Блок RBM устанавливается вблизи абонентов. Имеется три варианта исполнения этого блока. Блок RBM-2V предназначен для двух аналоговых абонентов, RBM-4V предназначен для четырех аналоговых абонентов, RBM-8V предназначен для восьми аналоговых абонентов. Поскольку коэффициент концентрации первой ступени составляет 8:4, то в последнем случае из восьми абонентов активными могут быть только четыре.

Таким образом при полной комплектации концентратора имеется до 240 аналоговых точек подключения при использовании блоков RBM-8V (где выполняется первая ступень концентрации). Вторая ступень концентрации 120:30 выполняется в модуле DLX. Электропитание блоков RBM обеспечивается модулем DLX.

В заключение отметим, что концентраторы цифровых АТС, устанавливаемые совместно с оборудованием (на самой АТС), схожи по построению с удаленными концентраторами и осуществляют в основном функции согласования АТС с абонентской линией и концентрации нагрузки для лучшего использования линий цифрового КП станции.

5.2. Особенности использования концентраторов

Применение удаленных концентраторов и удаленных коммутационных модулей в полной мере удовлетворяет стремлению администрации связи уменьшить стоимость сети абонентских линий за счет более полного их использования (в результате концентрации нагрузки). Однако это в известной мере противоречит другой особенности – социальному заказу на все большее количество услуг, предоставляемых абонентам. Расширение области дополнительных услуг – это новый источник увеличения доходов администрации связи. С одной стороны, реализация основной (телефонный разговор) и дополнительных (сокращенный набор номера, автопобудка, сопровождающий вызов и т.д.) услуг экономически оправдана на станциях большой емкости, где минимальный объем оборудования доступен максимальному числу абонентов. Это говорит о том, что необходимо включать прямо в станцию максимальное количество абонентских линий. С другой стороны, опыт показывает, что применение удаленных концентраторов и удаленных коммутационных модулей позволяет снизить стоимость сети абонентских линий на 30-40%. Так как общая стоимость такой сети весьма высока, то и снижение стоимости будет выражаться в значительных суммах. Но при использовании удаленных концентраторов и удаленных коммутационных модулей приходится решать задачу оптимального распределения функций и услуг между ними и опорной АТС, что приводит к увеличению стоимости удаленных концентраторов и удаленных коммутационных модулей.

Разрешение возникшего противоречия зависит от множества причин (технического состояния и развития сети, уровня технологии производства средств связи, экономического и географического положения конкретного места и страны в целом и т.д.). Выбор того или иного решения производится после тщательного технико-экономического анализа и обоснования.

Например, в телефонной сети Японии применяются три варианта внедрения удаленных концентраторов.

1. Замена АТС небольшой емкости удаленными концентраторами (рис. 5.10). Эта схема применяется при внедрении цифровой АТС большой емкости в случае, когда в зону ее действия попадают старые, подлежащие замене АТС небольшой емкости.



Рис. 5.10. Замена старой АТС концентратором

Такой подход имеет следующие преимущества:

- позволяет использовать без изменений существующую сеть абонентских линий;
- сохраняются существующие кабельные линии связи к бывшим АТС, эти линии дооборудуются аппаратурой ЦСП;
- для установки концентратора используется помещение старой АТС, что значительно уменьшает стоимость внедрения концентраторов.

Так как внутростанционный обмен таких небольших АТС достаточно велик, для разгрузки соединительных линий с опорной АТС должна быть разрешена коммутация абонентских линий внутри концентратора (т.е. необходимо устанавливать удаленные коммутационные модули).

2. Внедрение цифровой АТС и удаленных концентраторов в одном телефонном районе (рис. 5.11, а). Небольшие и простые концентраторы устанавливаются по всему телефонному району, причем количество включаемых в них абонентов намного меньше, чем в первом случае. Такие концентраторы могут быть использованы, например, для обеспечения связью жильцов большого жилого дома. Из-за малого телефонного обмена между абонентами жилого дома в концентраторах не разрешен внутренний обмен.

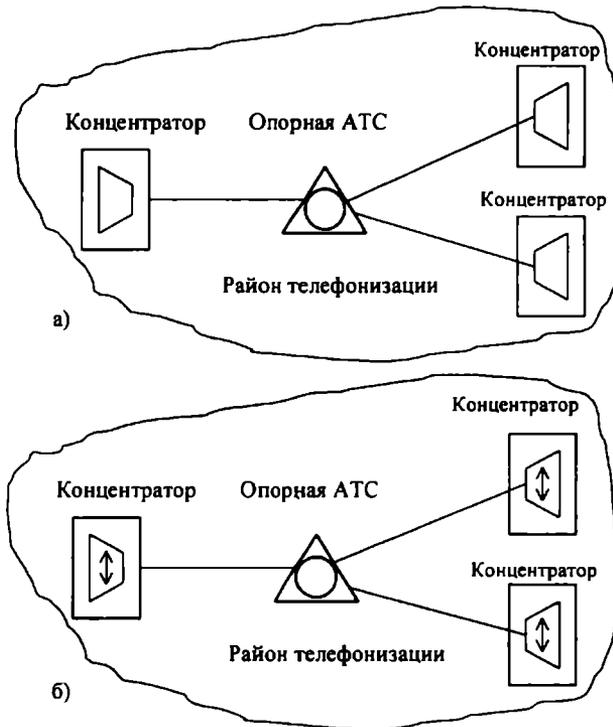


Рис. 5.11. Схемы внедрения концентраторов

Помимо общих для всех схем применения удаленных концентраторов достоинств, данное решение имеет и один существенный недостаток – сложность технического обслуживания большого количества малых удаленных концентраторов.

3. Использование удаленных коммутационных модулей (рис. 5.11, б). В этой схеме удаленные коммутационные модули наделены функциями оконечных АТС, а опорная АТС является совмещенной местной/транзитной АТС. Особенно большие преимущества такая схема имеет при внедрении в сети нетелефонных услуг. Эта схема наилучшим образом подходит для городских телефонных сетей большой емкости. Число абонентских линий, включаемых в удаленные коммутационные модули, может достигать нескольких десятков тысяч.

В Швеции, где в качестве основных цифровых АТС применяется, как правило, коммутационная система АХЕ-10, при сохранении общих черт этих трех вариантов есть свои осо-

бенности. Прежде всего используются только удаленные коммутационные модули. Кроме того, разрешено совместное использование в одном районе старой аналоговой АТС и удаленного коммутационного модуля. Оборудование удаленного коммутационного модуля таково, что при необходимости оно составит часть АТС АХЕ 10, которая будет развернута на месте модуля при значительном увеличении числа абонентов в данном районе.

На рис. 5.12 показана часть телефонной сети в одном из городов Швеции, где широко используются удаленные коммутационные модули.

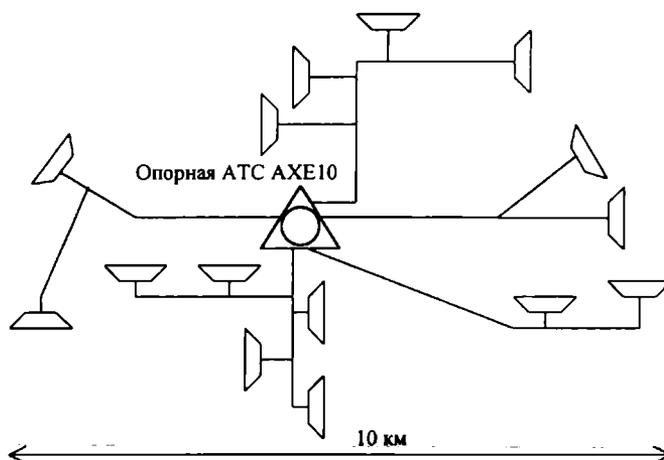


Рис. 5.12. Фрагмент городской телефонной сети с удаленными коммутационными модулями

В 17 удаленных коммутационных модулях включено 27000 абонентских линий, в то время как в опорную АТС АХЕ 10 – только 8000. Количество абонентских линий, включаемых в один удаленный коммутационный модуль, колеблется от 580 до 1870. Модули связываются с опорной АТС волоконно-оптическими линиями, по которым информация передается со скоростью 34 Мбит/с.

Шведские специалисты предполагают, что при достаточном тяготении возможна прокладка соединительных линий между удаленными коммутационными модулями (или модулем и аналоговой АТС). В этом случае удаленные коммутационные модули связываются между собой, минуя опорную АТС. Такое же решение запатентовано, например, в США.

Другим мощным экономически эффективным средством является конфигурация с многократным доступом. Пример такой конфигурации представлен на рис. 5.13. Как следует из рисунка, нет необходимости подключения всех удаленных концентраторов к ИКМ трактам. Опорная АТС поддерживает систему многократного доступа к тракту ИКМ, к которому может быть подключено несколько удаленных концентраторов. Такая структура может легко расширяться добавлением новых концентраторов (обыч-

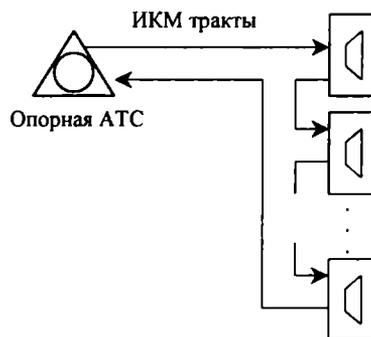


Рис. 5.13. Пример конфигурации многократного доступа

но до восьми), реконфигурация производится с использованием соответствующих команд через программное обеспечение (ПО).

На рис. 5.14 представлена конфигурация многократного доступа с одним шлейфом и тремя концентраторами. Управляющая информация для всех концентраторов посылается от опорной АТС по каналу 16 тракта ИКМ. Только адресуемый концентратор выполняет требуемые действия. Ответы от всех концентраторов также передаются в 16 канале. Входящая и исходящая нагрузка передается по каналам с 1 по 15 и с 17 по 31 в ИКМ тракте.

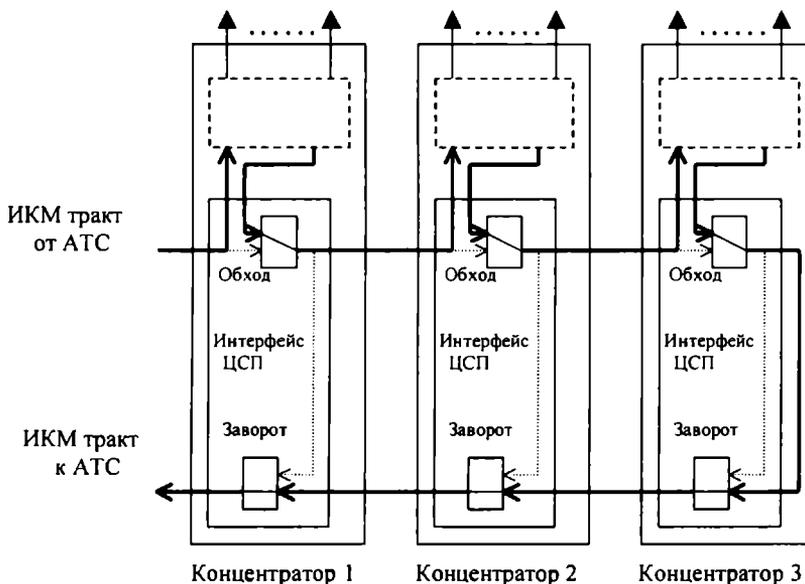


Рис. 5.14. Конфигурация многократного доступа с тремя концентраторами

Путь сигнала, показанный на рис. 5.14, используется при нормальном режиме работы. При неисправности концентратора, которая может нарушить передачу по шлейфу, концентратор изолируется от ИКМ тракта с помощью реле обхода. Например, при отказе в концентраторе 2, срабатывает реле обхода концентратора 2 и выход концентратора 1 подключается ко входу концентратора 3. При неисправности ИКМ тракта между концентраторами, которая может нарушить передачу по шлейфу, для изоляции тракта используется реле заворота. Например, если неисправность возникла в линии между концентраторами 2 и 3, концентратор 2 включает свое реле заворота и подключает свой выход к концентратору 1 вместо концентратора 3.

Для повышения пропускной способности обработки вызовов в конфигурации с многократным доступом, соединения между абонентами, подключенными к одному и тому же концентратору осуществляются внутри, а соединения между абонентами, подключенными к разным концентраторам, но по тому же многократному доступу, устанавливаются местным образом (т.е. через КП АТС проключается только один канал для каждого вызова).

В заключение отметим, что развитие элементной базы и усовершенствование удаленных коммутационных модулей является одним из приоритетных направлений работы фирм-производителей коммутационного оборудования. Современные образцы удаленных коммутационных модулей в настоящее время могут обслуживать до 50 000 абонентов.

Глава 6

Современные цифровые АТС

6.1. Коммутационная система EWSD

Коммутационная система EWSD разработана фирмой Siemens (Германия). Первая АТС этой серии была установлена в 1981 году в ЮАР, а в 1983 году АТС системы EWSD работали уже в 13 странах мира. Коммутационная система EWSD позволяет строить местные или транзитные (узловые) АТС большой и средней емкости. В настоящее время на базе существующей архитектуры EWSD разработаны новые платформы: EWSD Power Node (обеспечивающая лучшее управление трафиком в узкополосных сетях), EWSD InterNode (позволяющая создать Интернет узел), EWSD Broadband Node (позволяющая интегрировать технологии АТМ и узкополосные технологии). Сегодня коммутационные системы EWSD работают более чем в 100 странах мира и обслуживают, по оценкам специалистов Siemens, более 150 млн. линий.

Общие технические характеристики действующих систем EWSD:

Телефонные станции:

- количество абонентских линий – до 250 000;
- количество соединительных линий – до 60 000;
- коммутационная способность – до 25 200 Эрл.

Сельские телефонные станции:

- количество абонентских линий – до 7 500.

Телефонные станции в контейнерном исполнении:

- количество абонентских линий на один контейнер – до 6 000.

Коммутационные центры для подвижных объектов:

- количество абонентских линий – до 80 000 на коммутационный центр.

Цифровой абонентский блок:

- количество абонентских линий – до 950.

Коммутаторная система:

- количество цифровых коммутаторов – до 300 на станцию;
- число попыток установления соединения в ЧНН (ВНСА) – более 1 000 кВНСА (нагрузка А) согласно рекомендации МККТТ Q.504.

Координационный процессор:

- емкость запоминающего устройства – до 64 Мбайт;
- емкость адресации – до 4 Гбайт;
- магнитная лента – до 4 устройств, до 80 Мбайт каждое;
- магнитный диск – до 4 устройств, до 337 Мбайт каждое.

Управляющее устройство сетью ОКС – до 254 сигнальных каналов.

Рабочее напряжение: –48 В постоянного тока или –60 В постоянного тока.
 Потребляемая мощность – около 1,5 Вт/линию.
 Передача – согласно Рекомендации МККТТ Q.517.
 Работа и надежность – согласно Рекомендации МККТТ Q.514.
 Стабильность частоты импульсов, максимальная относительная девиация частоты: плезеохронно 10^{-9} , синхронно 10^{-11} .

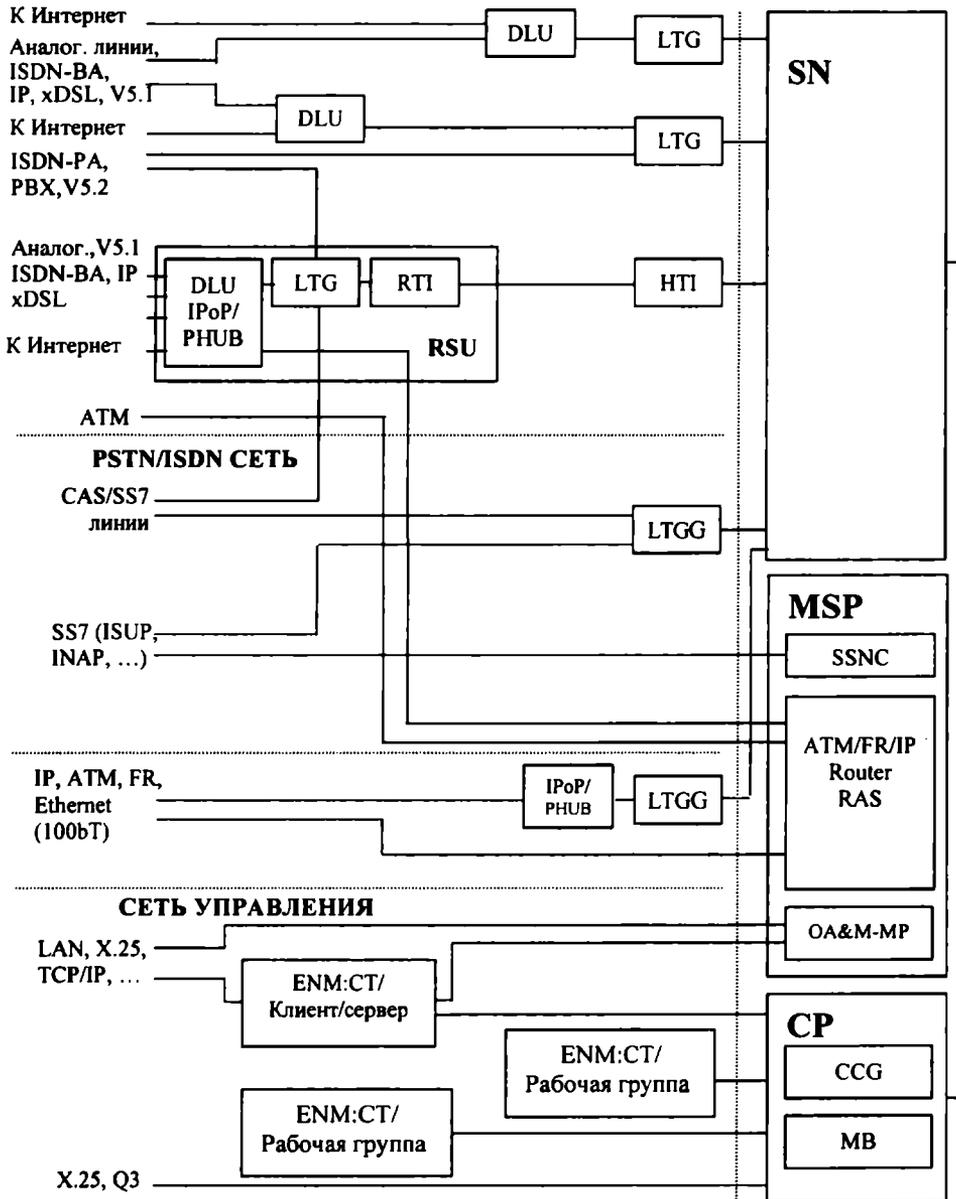


Рис. 6.1. Структура станции EWSD V15

Структура системы. Аппаратное обеспечение станции представляет собой отдельные физические блоки. В современной коммутационной системе, такой как EWSD, аппаратное обеспечение построено по модульному принципу, что обеспечивает надежность и гибкость системы. Архитектура аппаратного обеспечения имеет четко определенные интерфейсы и позволяет иметь много гибких комбинаций подсистем, что создает основу для эффективно и экономически выгодного использования EWSD в различных областях применения.

Аппаратные средства подразделяются на подсистемы. Пять основных подсистем составляют основу конфигурации EWSD (рис. 6.1). К ним относятся:

- цифровой абонентский блок (DLU);
- линейная группа (LTG);
- коммутационное поле (SN);
- мультисервисная платформа (MSP), включающая управляющее устройство сети сигнализации по общему каналу SSNC (в предыдущих версиях – CCNC), модуль технического обслуживания и эксплуатации (OA&M-MP) и блок для взаимодействия с сетями пакетной коммутации (ATM/FR/IP);
- блок координационного процессора (CP).

Для организации доступа в Интернет в станции предусмотрено использование модуля IPoP/PHUB (Integrated Point of Presence/ Packet HUB), который может подключаться к линейной группе как отдельный DLU.

Каждая подсистема имеет, по крайней мере, один собственный микропроцессор. Принцип распределенного управления в системе обеспечивает распределение функций между отдельными ее частями с целью обеспечения равномерного распределения нагрузки и минимизации потоков информации между отдельными подсистемами.

Функции, определяемые окружающей средой сети, обрабатываются цифровыми абонентскими блоками (DLU) и линейными группами (LTG). Управляющее устройство сети общеканальной сигнализации (SSNC/CCNC) функционирует как транзитный узел сигнального трафика (MTR) системы сигнализации ОКС №7.

Устройства управления подсистемами независимо друг от друга выполняют практически все задачи, возникающие в их зоне (например, линейные группы занимаются приемом цифр, регистрации учета стоимости телефонных разговоров, наблюдением и другими функциями). Только для системных и координационных функций, например, таких как выбор маршрута, им требуется помощь координационного процессора (CP).

Наиболее важные устройства управления распределены по всей системе. Принцип распределенного управления не только снижает до минимума необходимый обмен информацией между различными процессорами, но также способствует высокодинамичному рабочему стандарту EWSD. Гибкость, присущая распределенному управлению, облегчает также ввод и модификацию услуг, и их распределение по специальным абонентам.

Программное обеспечение. Программное обеспечение (ПО) организовано с ориентацией на выполнение определенных задач соответственно подсистемам EWSD. Внутри подсистемы ПО имеет функциональную структуру. Операционная система состоит из программ, приближенных к аппаратным средствам и являющихся обычно одинаковыми для всех коммутационных станций. Программы пользователя зависят от конкретного проекта и варьируются в зависимости от конфигурации станции.

Современная автоматизированная технология, жесткие правила разработки ПО, а также языки программирования CHILL, C++, Assembler (в соответствии с рекомендациями МККТТ) обеспечивают функциональную ориентированность программ, а также поэтапный контроль процесса их разработки.

Абонентский и сетевой доступ. Абоненты включаются в систему EWSD посредством цифрового абонентского блока (DLU). Блоки DLU могут эксплуатироваться как локально, в станции, так и дистанционно, на удалении от нее. Удаленные DLU используются в качестве концентраторов RSU (в ранних версиях EWSD – RCU), к которым может быть подключено до 50000 абонентов. В один RSU может входить несколько DLU. Взаимодействие с модулем линейной группы осуществляется с помощью интерфейсов RTI и HTI. Главными элементами DLU являются (рис. 6.2):

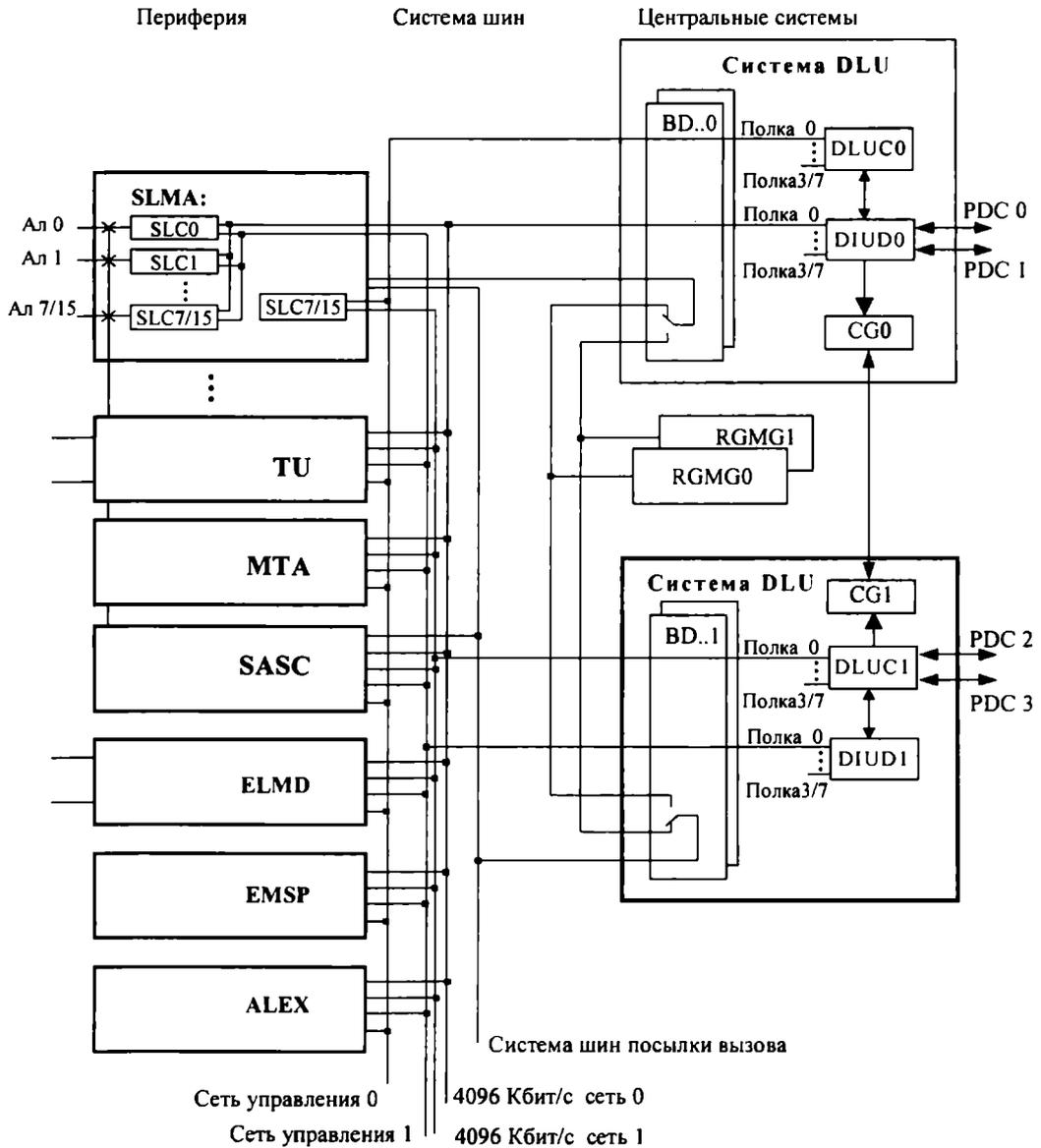


Рис. 6.2. Блок-схема модуля DLU

- модуль DLU-системы, содержащий цифровой интерфейс DIUD для подключения первичных цифровых систем передачи PDC; устройство управления (DLUC); генератор тактовой частоты CG и два модуля распределителя шин BD;
- генератор вызывного тока и тарифных импульсов RGMG;
- модули абонентских линий (SLM): SLMA для подключения аналоговых абонентских линий и / или SLMD для подключения абонентских линий ЦСИО;
- две сети 4096 Кбит/с для передачи информации пользователя между модулями абонентских линий (SLM) и цифровыми интерфейсами;
- две сети управления для передачи управляющей информации между модулями абонентских линий и управляющими устройствами;
- испытательные блоки (TU, MTA) для тестирования телефонов, абонентских линий и цепей, удаленных от центра эксплуатации и технического обслуживания, гальванической развязки.

Два контактно-взаимозаменяемых модуля системы DLU позволяют иметь смешанную конфигурацию внутри цифрового абонентского блока, что повышает надежность и увеличивает пропускную способность блока. Отдельные функциональные единицы, такие как DIUD, DLUC, SLMA, SLMD и TU, имеют свои собственные управляющие устройства для оптимальной обработки зонально-ориентированных функций.

Емкость подключения отдельного DLU – до 952 абонентских линий (в более поздних версиях – до 2000), в зависимости от их типа (аналоговые, ISDN, CENTREX), от предусмотренных функциональных блоков и требуемых значений трафика. Используется и другая разработка – DLUB (компактный абонентский блок). К нему может быть подключено до 880 аналоговых абонентских линий. Пропускная способность одного DLU (DLUB) – до 100 Эрл.

К DLU могут подключаться аналоговые абонентские линии как от телефонных аппаратов с набором номера номеронабирателем, так и с тактичным набором номера, а также линии от монетных таксофонов, аналоговых PBX, цифровых PBX малой и средней емкости, и абонентские линии для базового доступа ISDN, арендованные линии, высокоскоростные линии 2 Мбит/с и более, линии xDSL, интерфейса V5.1.

Модули абонентских линий (SLM) являются наименьшей единицей наращивания цифрового абонентского блока. В зависимости от типа модуль DLU может содержать 8 или 16 абонентских комплектов (SLM).

Высокая эксплуатационная надежность достигается благодаря подключению модуля DLU (DLUB) к двум LTG, дублированию компонентов DLU, выполняющих центральные функции и работающих с разделением нагрузки, а также постоянному самоконтролю. При одновременном отказе всех цифровых систем передачи к модулю LTG гарантируется, что все абоненты DLU этого цифрового абонентского блока все еще смогут звонить друг другу (при аварийном режиме работы используются блоки SASC, EMSP, ALEX).

Линейные группы (LTG) образуют интерфейс между окружением станции (аналоговым или цифровым) и цифровым коммутационным полем. Все линейные группы выполняют функции обработки вызовов, обеспечения надежности, а также функции эксплуатации и техобслуживания.

Линейная группа содержит следующие функциональные единицы (рис. 6.3):

- линейные модули LTU, которые содержат цифровые интерфейсы (DIU) до восьми модулей цифровых коммутаторов (OLMD);
- групповой переключатель (GS) или разговорный мультиплексор (SPMX);
- групповой процессор (GP);
- интерфейс соединения с коммутационным полем (LIU);

– сигнальный комплект (SU) для акустических сигналов, напряжений постоянного тока, сигнализации МЧК, многочастотного набора и тестового доступа.

Для оптимальной реализации различных типов линий и процедур сигнализации было разработано несколько типов линейных групп.

Линии доступа на первичной скорости (РА) для включения учрежденческих АТС (РАВХ) подключаются непосредственно в LTGB, LTGF и LTGG.

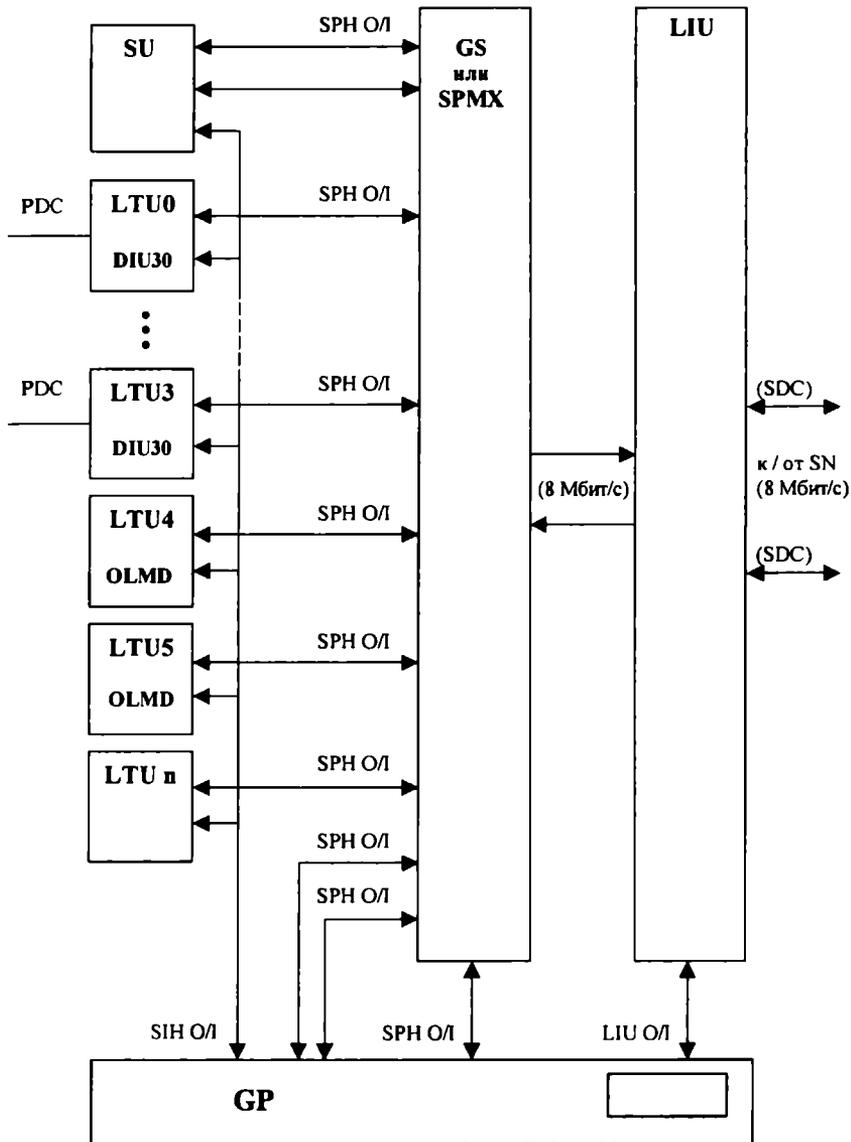


Рис. 6.3. Линейная группа LTG (B, C, F, G)

Соединительные линии к другим станциям или от них могут подключаться в линейные группы, реализующие В- или С-функцию (включаются только цифровые соединительные линии): LTGB, LTGC, LTGF, LTGG или LTGM. Соединительные линии к станциям с межсетевым интерфейсом или к станциям спутниковой связи или от них подключаются в линейную группу LTGD (активизация эхоподавителей).

Подключение коммутаторной системы (OSS) осуществляется посредством LTGB или LTGG.

Линейная группа Н (LTGH) представляет собой особый, новый вариант группы LTG. Она используется в коммутационных станциях, в которых абоненты сети ISDN используют канал D для коммутации пакетов. В LTGH осуществляется концентрация пакетов данных абонентов сети ISDN. Она предоставляет стандартизированный логический интерфейс в соответствии со стандартом ETSI (интерфейс устройства обработки пакетов ETSI) для обеспечения доступа к устройству обработки пакетов.

Вышеуказанные варианты LTG, предназначенные для различных типов подключаемых линий, имеют единый принцип построения и одинаковый принцип действия. Они отличаются друг от друга только отдельными аппаратными блоками и специальными программами пользователя в групповом процессоре (GP).

Групповой процессор GP связан со всеми модулями линейной группы посредством шин обмена данными SPH и SH.

На телефонной станции линейная группа LTGG используется для автоответчиков и тестовых функций. В оборудовании автоответчика (OCANEQ) реализуется система INDAS (индивидуальная система цифрового автоинформатора). INDAS генерирует стандартные извещения, необходимые в EWSD.

Скорость передачи бит на всех многоканальных шинах (магистралах) SDC, соединяющих линейные группы и коммутационное поле, составляет 8192 Кбит/с. Каждая линейная группа подключается к обеим плоскостям дублированного коммутационного поля.

Коммутационное поле

Коммутационное поле (рис. 6.4) соединяет подсистемы LTG, CP и SSNC (CCNC) друг с другом. Оно обеспечивает полную доступность каждой LTG от другой LTG; CP или SSNC от каждой LTG; а в обратном направлении - каждой LTG от CP или SSNC.

Коммутационное поле EWSD является дублированным и состоит из двух плоскостей (SN0 и SN1). Главная его задача состоит в прокючении каналов между группами LTG. Каждое соединение одновременно прокючается через обе половины (плоскости) коммутационного поля, так что в случае отказа в распоряжении всегда имеется резервное соединение.

В станции EWSD применяются: коммутационное поле SN или новые разработки - коммутационные поля SN(B), SN(D). Поля SN(B), (D) отличаются целым рядом усовершенствований, к которым относятся уменьшаемая занимаемая площадь, более высокая доступность и снижение потребляемой мощности.

В зависимости от количества подключаемых линейных групп предусмотрены различные минимизированные ступени емкости SN:

- коммутационное поле на 504 линейные группы (SN:504LTG),
- коммутационное поле на 126 линейных групп (SN:126LTG),
- коммутационное поле на 252 линейные группы (SN:252LTG),
- коммутационное поле на 63 линейные группы (SN:63LTG).

Благодаря модульному принципу построения коммутационное поле EWSD может комплектоваться частично в зависимости от необходимости и постепенно расширяться. Каждая ступень емкости может наращиваться от минимальной конфигурации до максимальной (за исключением SN:63LTG, которое не наращивается).

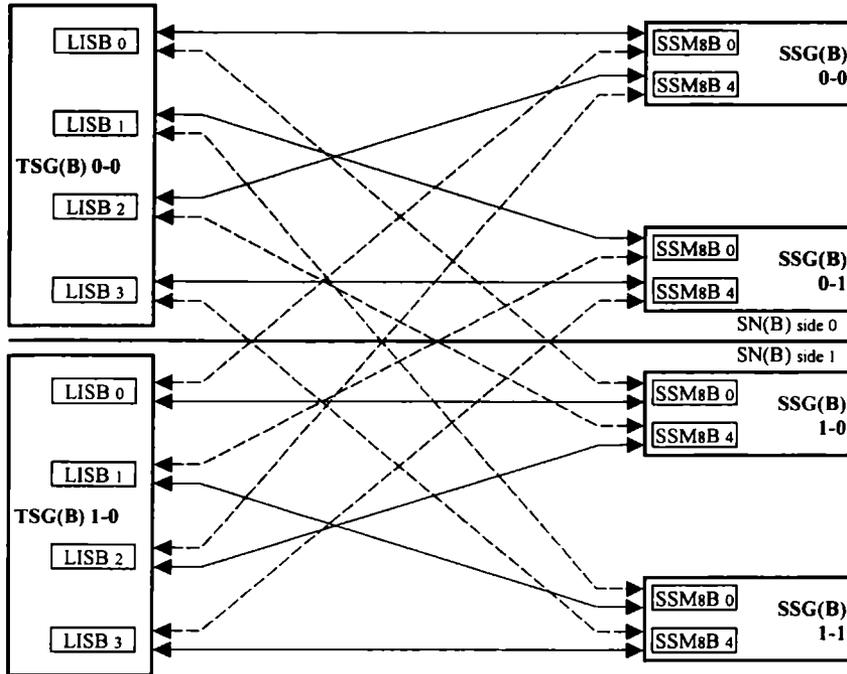


Рис. 6.4. Коммутационное поле

Коммутационное поле состоит из ступеней пространственно-временной коммутации – TSG (рис. 6.5) и ступеней пространственной коммутации – SSG (рис. 6.6).

Ступени емкости коммутационного поля SN:504LTG, SN:252LTG и SN:126LTG, применяемые в станциях большой и очень большой емкости, имеют следующую структуру:

- одна ступень пространственно-временной коммутации (входящая),
- три ступени пространственной коммутации (SSM),
- одна ступень пространственно-временной коммутации (исходящая).

Ступени емкости коммутационного поля SN:63LTG в станциях средней емкости имеют следующую структуру:

- одна ступень пространственно-временной коммутации (входящая),
- одна ступень пространственной коммутации (SSM),
- одна ступень пространственно-временной коммутации (исходящая).

Ступени пространственно-временной и пространственной коммутации (модули) разбиваются на функциональные блоки TSM и SSM соответственно. Соединительный путь для коммутационного поля с 504, 252 или с 126 LTG состоит из следующих типов модулей:

- модуль интерфейса между LTG и TSM – LIL (на рисунке не показан);
- модуль ступени пространственно-временной коммутации (TSM);
- модуль интерфейса между TSG и SSG – LIS;
- модуль ступени пространственной коммутации 8/15 (SSM8/15);
- модуль ступени пространственной коммутации 16/16 (SSM16/16).

При установлении соединения посредством SN:63LTG модули SSM8/15 не используются.

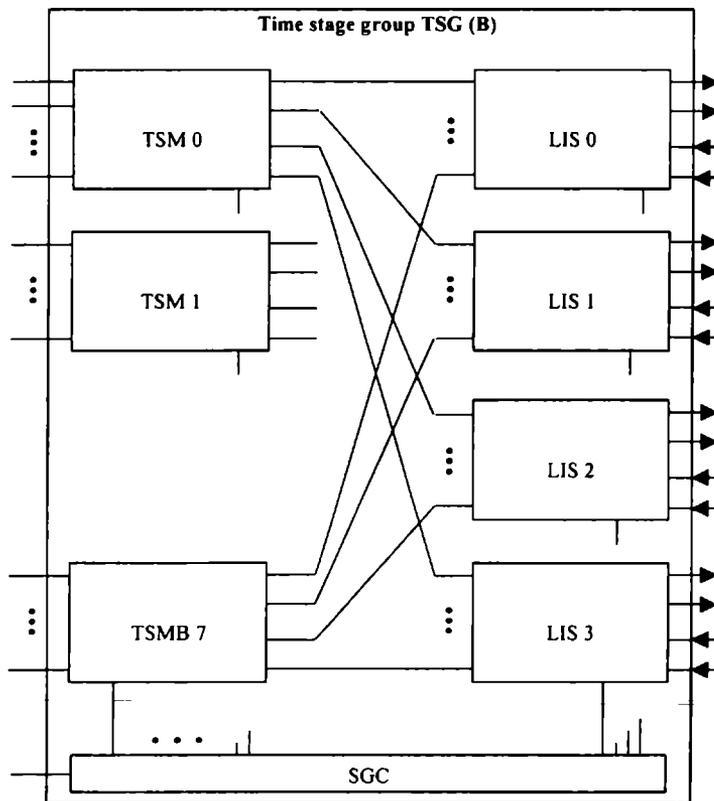


Рис. 6.5. Ступень пространственно-временной коммутации TSG

Интерфейсы LIL и LIS компенсируют разницу времени распространения через подключенные уплотненные линии. Таким образом, они осуществляют фазовую синхронизацию входящей информации в уплотненных линиях. Причина возникновения разницы во времени распространения заключается в том, что стационарные стивы устанавливаются на различных расстояниях друг от друга.

Модуль SSM8/15 состоит из двух ступеней пространственной коммутации: одна ступень пространственной коммутации 8/15 – для направления передачи LIS, SSM8/15, SSM16/16, а вторая ступень пространственной коммутации 15/8 – для направления передачи SSM16/16, SSM8/15, LIS.

Посредством ступени пространственной коммутации октеты данных могут менять уплотненные линии между входом и выходом, но при этом сохраняются в одном и том же временном интервале. Ступени пространственной коммутации 16/16, 8/15 и 15/8 коммутируют принятые октеты синхронно с временными интервалами и периодами 125 мкс. Коммутируемые соединения изменяются в последовательных временных интервалах. При этом октеты, поступающие по входящим уплотненным линиям, распределяются в пространстве к исходящим уплотненным линиям.

Каждая TSG, SSG и, при SN:63LTG, каждая сторона коммутационного поля имеют собственное управляющее устройство, каждое из которых состоит из двух модулей: управляющего устройства коммутационной группы (SGC) и модуля интерфейса между SGC и блоком буфера сообщений MBU.

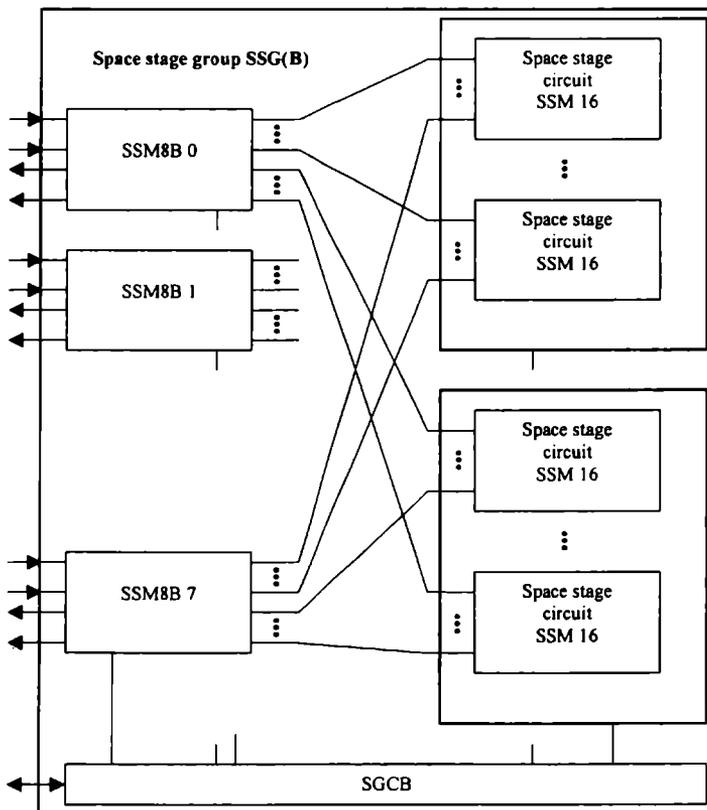


Рис. 6.6. Ступень пространственной коммутации SSG

Благодаря высоким скорости и качеству передачи данных коммутационное поле способно проключать соединения для различных видов служб связи (например, для телефонии, телетекста и передачи данных).

Координационный процессор

Наряду с координационным процессором (CP) имеются другие устройства микропрограммного управления, распределенные в системе:

- групповой процессор (GP) в линейной группе (LTG);
- управляющее устройство цифрового абонентского блока (DLUC);
- процессор сети сигнализации по общему каналу (CCNP);
- управляющее устройство коммутационной группы (SGC);
- управляющее устройство буфера сообщений (MBC);
- управляющее устройство системной панели (SYPC).

Координационный процессор 113 (CP113 или CP113C) представляет собой мультипроцессор, емкость которого наращивается ступенями, благодаря чему он может обеспечить станции любой емкости соответствующей производительностью. Его максимальная производительность по обработке вызовов составляет свыше 2 700 000 ВНСА.

В CP113C два или несколько идентичных процессоров работают параллельно с разделением нагрузки. Главными функциональными блоками мультипроцессора являются: ос-

новой процессор (BAP) для эксплуатации и технического обслуживания, а также обработки вызовов; процессор обработки вызовов (CAP), предназначенный только для обработки вызовов; общее запоминающее устройство (CMY); контроллер ввода / вывода (IOC); процессоры ввода / вывода (IOP).

Блок координационного процессора (рис. 6.1) содержит следующие компоненты:

- буфер сообщений (MB) для координации внутреннего обмена информацией между CP, SN, LTG и SSNC в пределах одной станции;
- центральный генератор тактовой частоты (CCG) для обеспечения синхронизации станции (и при необходимости сети);
- системную панель (SYP) для индикации внутренней аварийной сигнализации, сообщений (рекомендаций) и нагрузки CP. Таким образом, SYP представляет текущую информацию о рабочем состоянии системы. На панель также выводится внешняя аварийная сигнализация, например, о пожаре, о выходе из строя системы кондиционирования воздуха и прочее.

CP выполняет следующие координационные функции:

1. Обработка вызовов:

- перевод цифр;
- управление маршрутизацией;
- зонирование;
- выбор пути в коммутационном поле;
- учет стоимости телефонного разговора;
- административное управление данными о трафике; управление сетью.

2. Эксплуатация и техобслуживание:

- осуществление ввода во внешние запоминающие устройства (EM) и вывода из них;
- связь с терминалами управления, эксплуатации и техобслуживания (ENM/CT);
- связь с процессором передачи данных (DCP).

3. Обеспечение надежности:

- самонаблюдение;
- обнаружение ошибок;
- анализ ошибок.

Сигнализация по общему каналу

Станции EWSD с сигнализацией по общему каналу по ОКС №7 МККТТ (SS №7) оборудованы специальным управляющим устройством сети сигнализации по общему каналу (SSNC/CCNC).

К SSNC можно подключить до 254 звеньев сигнализации через аналоговые или цифровые линии передачи данных. Цифровые тракты проходят от линейных групп через обе плоскости дублированного коммутационного поля и мультиплексоры к SSNC. Модуль SSNC подключается к коммутационному полю по уплотненным линиям, имеющим скорость передачи 8 Мбит/с. Между SSNC и каждой плоскостью коммутационного поля имеется 254 канала для каждого направления передачи (254 пары каналов). По каналам передаются данные сигнализации через обе плоскости коммутационного поля к линейным группам и от них со скоростью 64 Кбит/с. Аналоговые сигнальные тракты подключаются к SSNC посредством модемов.

Для обеспечения надежности SSNC имеет дублированный процессор (процессор сети сигнализации по общему каналу, CCNP), который подключается к CP через систему шин, которая в свою очередь, также является дублированной.

SSNC состоит максимально из 32 групп с 8 оконечными устройствами сигнальных трактов каждая (32 группы SILT) и одного дублированного процессора системы сигнализации по общему каналу (CCNP).

Для организации контроля за всеми станциями одной зоны обслуживания в центре эксплуатации и техобслуживания (ОМС) может устанавливаться центральная системная панель (CSYP) и терминал эксплуатации и техобслуживания (ОМТ). На панель CSYP выводятся как акустические, так и визуальные аварийные сигналы и сообщения – рекомендации, поступающие со всех станций.

Внешняя память (ЕМ) предназначена для хранения, например: программ и данных, которые не должны постоянно храниться в СР; всей системы прикладных программ для автоматического восстановления; данных по тарификации телефонных разговоров и измерению трафика. Для обеспечения надежности программ и данных внешняя память (магнитный диск) дублирована.

На конец 2001 года фирмой Siemens объявлено об окончательном завершении работ над коммутационной системой EWSD V15 (коммерческое название EWSD Power Node), которая обеспечивает до 600 000 абонентских подключений или 240 000 соединительных линий на одну станцию. Система поддерживает удаленные коммутационные модули сверхбольшой емкости – до 50 000 абонентов. Консолидация сети с применением EWSD Power Node обеспечивает интегрированное решение по предоставлению услуг Интернет, широкополосных и мультимедийных услуг. Технические данные системы EWSD Power Node приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1. Технические данные системы EWSD V15 (Power Node)

Параметр	Значение
Число попыток установления соединения в ЧНН (ВНСА)	до 4 000 000 ВНСА (нагрузка согласно рекомендации МСЭ-Т Q.543)
Количество абонентских линий	до 600 000
Количество соединительных линий	до 240 000
Коммутационная способность	до 100 000 Эрл
Удаленный коммутационный модуль (RSU), количество абонентских линий	до 50 000
Управляющее устройство сетью ОКС	до 1500 линий ОКС №7 до 100 000 сигнальных сообщений в секунду
Типы подключаемых линий	– аналоговые абонентские линии, ISDN-BA, ISDN-PA, высокоскоростные абонентские цифровые линии UDSL, SDSL, выделенные (арендованные) линии 2048 Кбит/с, пользователи Интернет – интегрированные интерфейсы V5.1, V5.2, Q3, SDH (STM1)
Координационный процессор	– емкость запоминающего устройства – до 64 Мбайт – емкость адресации – до 4 Гбайт – магнитная лента – до 4 устройств, до 80 Мбайт каждое – магнитный диск – до 4 устройств, до 337 Мбайт каждое
Потребляемая мощность	менее 1Вт/линию
Рабочее напряжение	–48 В или –60 В постоянного тока
Передача	согласно рекомендации МККТТ Q.551

6.2. Коммутационная система Alcatel 1000 S12

Alcatel 1000 System 12 является полностью цифровой телефонной станцией с полностью распределенным управлением. Система содержит целый ряд последних разработок, которые обеспечивают много преимуществ как обслуживающему персоналу, так и пользователям. Станция всесторонне использует цифровую технологию и полностью использует возможности обработки сигналов в цифровом виде. Там, где требуется интерфейс с внешними аналоговыми сигналами (например, абонентские линии), на вводе производится преобразование из аналогового вида в цифровой и наоборот. Это преобразование позволяет избежать проблем объема оборудования и надежности, связанных с аналоговой техникой. Требуемые сигналы звуковой частоты (например, тональные сигналы) генерируются в цифровом виде и распределяются по дублированной шине к соответствующему оборудованию станции. Для приема и передачи многочастотных сигналов применяются процессоры цифровых сигналов.

Alcatel 1000 S12 состоит из ряда аппаратных модулей, в которые загружаются программные модули, обеспечивающие конкретные задачи станции. Важной особенностью Alcatel 1000 S12 является возможность простого и экономичного расширения путем добавления аппаратных и программных модулей от малой станции до станции максимальных размеров. Таким образом, система обеспечивает реальную гибкость для планирования развития телефонной сети.

Коммутационная система Alcatel 1000 S12 позволяет строить:

- удаленные абонентские блоки,
- малые, средние и большие местные станции,
- узлы входящего и исходящего сообщения,
- междугородные и международные станции,
- системы обслуживания операторами и центры обслуживания сети,
- центры таксации телефонного трафика,
- центры коммутации мобильной связи,
- транзитные пункты сигнализации.

Основные технические характеристики АТС Alcatel 1000 S12:

- количество абонентских линий: более 200000;
- количество соединительных линий: более 85000;
- коммутационная способность: 35000 Эрл;
- количество попыток вызовов в ЧНН: более 2000000;
- управляющее устройство сетью ОКС: 1024 линии ОКС №7;
- электропитание: –48 В и –60В постоянного тока.

Структура системы

Архитектура Alcatel 1000 S12 основана на следующих принципах:

- 1) внутренние коммутационные элементы обеспечивают самомаршрутизацию и отсутствие блокировок;
- 2) распределенный способ обработки информации позволяет использовать недорогие, но использующие последние достижения микропроцессоры широкого применения;
- 3) использование одних и тех же компонентов для построения станций различной емкости и назначения;
- 4) линейная зависимость объема оборудования станции от требуемой емкости и обслуживаемой нагрузки;
- 5) модульность ПО при использовании машин конечных сообщений (FMM) и машин поддержки системы (SSM);

- 6) обмен информацией и динамические связи между частями программного обеспечения осуществляется посредством обмена сообщениями;
- 7) ПО не зависит от физического распределения;
- 8) определение данных не зависит от физического распределения.

Базовая структура Alcatel 1000 S12 достаточно регулярна и состоит из коммутационного поля (DSN), к которому подсоединяются терминальные модули (TCE) (рис. 6.7). Все модули построены по единой схеме. Аппаратный интерфейс, соединяющий модули с DSN, одинаков для всех модулей. В каждом модуле есть общая управляющая часть, выполненная на микропроцессоре, и специализированные интегральные схемы. В такой архитектуре АТС носит название средней/большой станции (MLE). При отсутствии необходимости выполнения всех имеющихся функций, а также при малой обслуживаемой емкости, количество модулей может быть уменьшено. Такая конфигурация получила название малой станции (SSA).

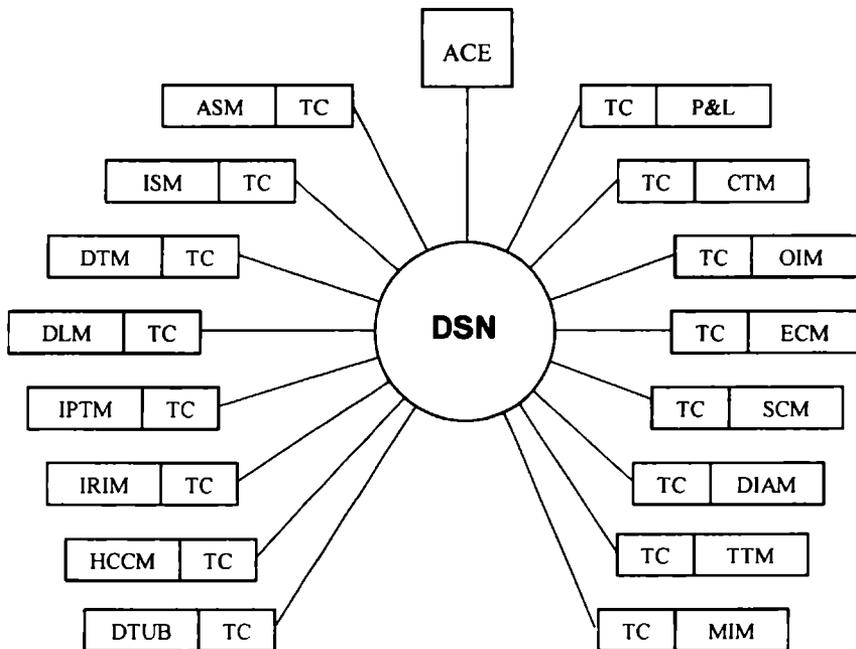


Рис. 6.7. Базовая структура Alcatel 1000 S12

Некоторые из модулей TCE используются внутри Alcatel 1000 S12, тогда как другие подключены к внешним линиям. Модуль, не подключенный к внешним линиям (содержащий только интерфейс и управление), называется дополнительным элементом управления (ACE). Модули этого типа необходимы для дополнительной поддержки ПО. Все модули могут взаимодействовать друг с другом через DSN. Для надежности некоторые модули дублируются. Один модуль работает в активном режиме, второй – в пассивном. В случае, если активный выходит из строя, пассивный берет работу на себя. При этом несколько модулей могут выполнять одну и ту же функцию.

На рис. 6.8 показана общая структура терминального модуля. Как указывалось выше, модуль состоит из терминального комплекта, выполняющего различные функции (например, интерфейс абонентских или соединительных линий, генерация тактовых сигналов и

др.), и терминального элемента управления. Поскольку элементы управления используют стандартный терминальный интерфейс, то можно вводить новые типы оборудования или модифицировать существующее, не влияя на цифровое КП или другие модули.

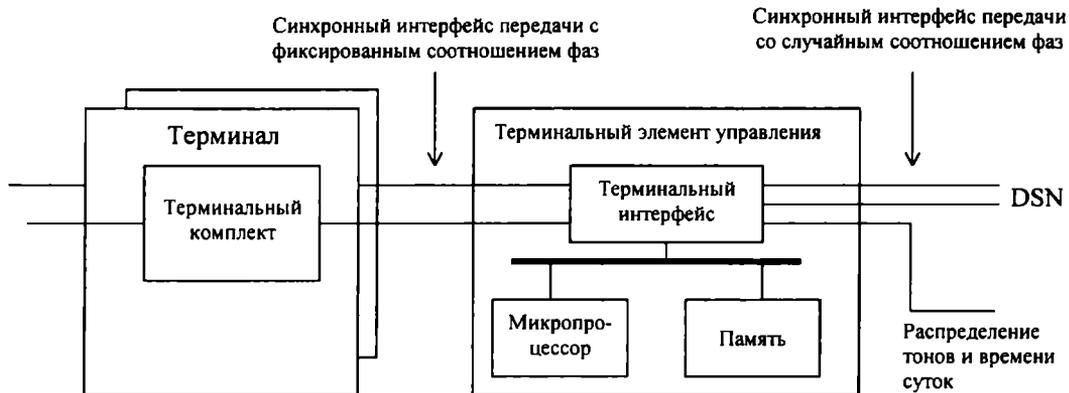


Рис. 6.8. Блок-схема терминального модуля

Все внутренние связи в Alcatel 1000 S12 являются 32-х канальными трактами ИКМ, однако, длина кодового слова увеличена до 16 бит/канал.

Структура Alcatel 1000 S12 включает в себя следующие основные модули:

- *модуль аналоговых абонентов (ASM)*, обеспечивающий подключение аналоговых абонентских линий. Он включает: до 8-ми плат абонентских комплектов (ALCN) каждая на 16 АЛ (в целом модуль обслуживает 128 АЛ); одну плату вызывного устройства (RNGF), обеспечивающую вызывной ток для всех 128 АЛ; элемент управления MСUA, плату тестирования TAUC/RLMC. В одном стативе можно разместить 12 модулей ASM на 1536 абонентских линий. Модуль ASM поддерживает функцию кросс-овера (перекрестной взаимосвязи) как оборудования, так и ПО с другим модулем ASM, образуя, таким образом, пару. Кросс-овер позволяет процессору одного ASM обслуживать 256 АЛ, если другой модуль ASM отказывает. Абоненты отказавшего ASM продолжают обслуживаться процессором второго модуля. Блок-схема модуля ASM показана на рис. 6.9. Абонентские комплекты имеют доступ к шине тестирования. Если шина тестирования подключена к тестируемому оборудованию, можно выполнить любой тест, необходимый для проверки внешней подводки, так же как самих абонентских комплектов и/или другого телефонного оборудования;

- *модуль абонентов ISDN (ISM)*. Предназначен для обслуживания максимум 64 базовых доступов (BA). Каждый BA имеет два В канала для речи и данных (коммутации каналов или пакетов) и один D канал для сигнализации и передачи данных. Абонент может подключить до восьми терминалов, таких как телефон, факс, персональная ЭВМ (ПЭВМ) и т.д. Для обработки сигнальных сообщений в В-канале в модуле предусмотрен дополнительный процессор;

- *модуль цифровых трактов (DTM)*. Имеются различные конфигурации этого модуля. Обычно DTM обслуживает один тракт ИКМ, состоящий из 32-каналов (8 бит/канал, 2 Мбит/с). Модуль также может обрабатывать выделенный сигнальный канал (BCK). Такой DTM является конечным DTM нижнего уровня. Необходимое оборудование и ПО включается в конечный DTM верхнего уровня, что позволяет обрабатывать до четырех типов сигнализаций. В этом случае модуль называется «модуль тракта с интегрированной коммутацией пакетов» (IPTM). Тип сигнализации зависит от загруженного ПО. Модуль обрабаты-

ваит функции первого, второго, а также частично третьего уровня протоколов. Оборудование IPTM используется в трактах с разными системами сигнализации и службами HDLC;

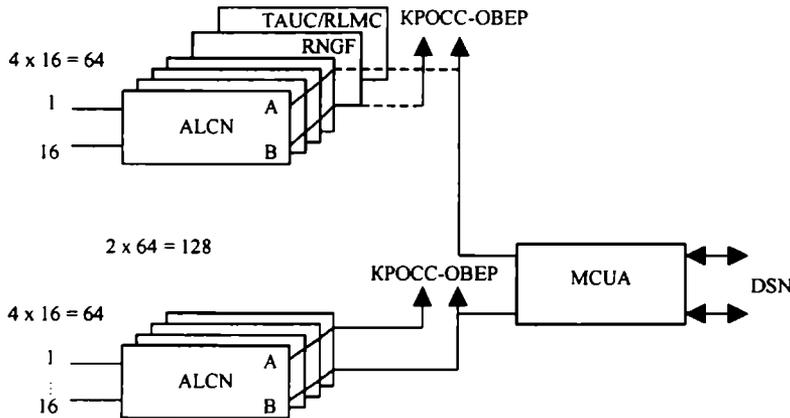


Рис. 6.9. Блок схема модуля ASM

– *модуль звена данных (DLM)* образует пару внешних аналоговых соединений к сети передачи данных X.25 и обратно, на основе интерфейса порта V.24. Модуль требуется для преобразования цифровых каналов (64 Кбит/с) в звенья аналоговых модемов с разной скоростью передачи. Модуль используется для соединений с вычислительными центрами или для обработки аналоговых звеньев ОКЦ №7 со скоростями менее или равными 64 Кбит/с. При этом пакеты обрабатываются фреймами. Связи определяются базой данных и реализуются полупостоянными соединениями через DSN;

– *модуль интерфейса удаленного блока ISDN (IRIM)* является одним из модулей трактов большой комплектации. Он поддерживает два интерфейса 2 Мбит/с к одному выносному абонентскому блоку ЦСИС (IRSU) (рис. 6.10), или к конфигурации многократного доступа, объединяющей до 8 IRSU. Пара IRIM работает в кросс-овере для обслуживания IRSU с разделением нагрузки. К одному модулю IRIM подключается только мини IRSU (96 аналоговых линий). Абоненты в IRSU присваиваются одному из IRIM соответственно с верхней или с нижней половиной оборудования IRSU. Однако функция кросс-овера позволяет обрабатывать вызовы любым модулем IRIM пары, в зависимости от наличия свободных каналов в трактах ИКМ. Структура сигнальных сообщений в трактах ИКМ основана на ОКЦ №7. Они немного изменены с учетом конфигурации многократного доступа и сигнальные каналы связаны только с каналами собственного тракта ИКМ. ПО платы IRIM является загружаемым;



Рис. 6.10. Конфигурация однократного доступа

– *модуль общего канала высокой производительности (HCCM)* обрабатывает сигнализацию №7 МККТТ. Если необходима большая пропускная способность или большее коли-

чество каналов сигнализации можно подключить несколько модулей НССМ. Тракт ОКС №7, подключенный к ДТМ, связан постоянным проключением с НССМ. Один НССМ может обслуживать максимум восемь трактов ОКС №7;

– *модуль периферийных устройств и загрузки (P&L)*. Периферийные устройства Alcatel 1000 S12 подключаются к этому модулю. Системный диск (жесткий диск вычислительного комплекса АТС) содержит копию системного ПО и системных данных. Для создания копии (создание диска) используется накопитель на магнитной ленте MTU или оптический диск OD. MTU или OD могут также хранить информацию о тарификации или на них может производиться копирование системного ПО и системных данных. Для организации связи человек – машина (оператор системы) используется персональный компьютер и принтер. Возможно максимум 10 подключений. К одному подключению можно подсоединять в любой комбинации ПЭВМ/принтер и другие устройства с последовательным интерфейсом. При установке Alcatel 1000 S12 все ПО и данные копируются с жесткого диска P&L в соответствующие модули через DSN. Когда модуль отказывает, возможна его повторная загрузка. Модуль P&L также содержит центральную часть системы аварийной сигнализации. Модуль P&L собирает все аварийные рапорты от модулей, устройств, услуг или не связанных со стативами специфических аварий. Аварии выводятся на системный принтер. Для визуальных и звуковых сообщений используется интерфейс с панелью аварийной сигнализации;

– *модуль тактовых и тональных сигналов (СТМ)* управляет подсистемой синхронизации станции, генерированием тональных сигналов для абонентов и службой времени суток TOD. Для обеспечения надежности поставляются два СТМ. Генерируемая частота синхронизации станции – 8192 МГц. Внешняя синхронизация (атомные часы с удаленной станции) также может использоваться для контроля. Синхросигналы распределяются по всем модулям и DSN. Генерируемыми тональными сигналами являются: «приглашение к набору номера», «занято», «контроль посылки вызова», «перегрузка» и т.д. Все тональные сигналы цифровые. Тональные сигналы и TOD распределяются по всем модулям;

– *модуль операторского интерфейса (ОИМ)* обеспечивает интерфейс для максимально 15 цифровых рабочих мест операторов (DOP) с DSN станции. ОИМ соединяется с DOP ИКМ трактом. Тридцати каналам ИКМ-тракта присвоены 15 DOP. Рабочие места операторов подключаются к ИКМ-тракту через распределительный шлейф. Канал 16 выделен для сигнализации взаимодействия с DOP. Интерфейс между DOP и распределительным шлейфом контролируется оборудованием управления рабочими местами, установленным в помещении операторов;

– *модуль эхозаградителей (ЕСМ)* представляет собой модуль цифрового тракта с функцией эхозаградителя. Оборудование включает элемент управления MCUX и плату ЕСТА (тракт с эхозаградителями, тип А). Последняя обеспечивает два тракта ИКМ с функциями эхозаградителей. Функция эхозаградителей требуется при использовании АТС совместно с некоторыми системами сигнализации. ЕСМ занимает две позиции плат в стативе. Обеспечивается выполнение следующих функций: вычитание эхосигнала из разговорного сигнала, возможны одновременные речевые сигналы (дуплекс), реализация полукомплектами на каждой стороне. Эхозаградители используются в линиях 2 Мбит/с большой протяженности (международные), а также линиях с задержкой, вносимой схемой кодирования;

– *модуль служебных комплектов (SCM)* обрабатывает сигналы многочастотной (MF) сигнализации и набора номера от абонентских аппаратов с многочастотной клавиатурой (DTMF). При этом возможна организация как межстанционной многочастотной сигнализации, так и двухгрупповой многочастотной сигнализации между телефонным аппаратом и опорной станцией. Возможна функция конференц-связи. Каждый приемник может обрабатывать загруженный тип сигнализации;

– *модуль динамического интегрированного автоответчика (DIAM)* состоит из платы динамического интегрированного автоответчика типа А (DIAА), которая обеспечивает распределение записанных фраз. Емкость записи составляет 524 секунды (4 Мбайт) и может быть расширена до 52,4 минут с применением второй платы (AMEА) емкостью 2637 секунд (20 Мбайт). Все содержание записей станции может быть распределено между несколькими модулями DIAM. Модуль DIAM поддерживает следующие категории речевых сообщений: двуязычные сообщения, говорящие часы на фоне музыки или без, сообщения перехвата (перегрузка, неправильный номер), сообщения дополнительных услуг (срочный вызов, побудка), длинные сообщения (новости, прогноз погоды), заказные сообщения;

– *дополнительный элемент управления (АСЕ)* обеспечивает дополнительную вычислительную мощность для выполнения ряда функций (например, анализ префикса, централизованное хранение данных, выбор тракта и т.д.). Любой модуль может использовать централизованно хранимое ПО. Часто, в зависимости от нагрузки, АСЕ используются в режиме разделения нагрузки. Когда АСЕ выходит из строя, в запасной АСЕ загружается корректное ПО;

– *модуль цифрового тракта тип В (DTUB)* поддерживает окончание тракта 2 Мбит/с для подключения учрежденческой АТС с функциями ISDN. DTUB содержит терминал тракта 2 Мбит/с и четыре контроллера HDLC. Он реализован на одной плате и поэтому не имеет шины внешнего кластера;

– *модуль тестирования трактов (ТТМ)* используется для тестирования качества сигнализации, коммутации и передачи в исходящих направлениях. Модуль ТТМ содержит одну или две платы цифровых сигнальных процессоров DSP, реализующих 15 приемников и передатчиков с программируемыми параметрами, один элемент управления и одну или две платы адаптера модуля измерения, каждая из которых обеспечивает до 6 аналоговых каналов к внешнему измерительному модулю для выполнения тестовых последовательностей по заданию оператора;

– *модуль взаимодействия подвижной связи (МІМ)* реализует согласование скоростей и преобразование протокола для вызовов данных к и от подвижных установок в центре коммутации подвижной связи MSC. Модуль поддерживает прозрачный и непрозрачный режимы обмена информацией. Модуль поддерживает ряд модемов, определенных стандартом GSM для аналоговых соединений. МІМ включается между входящим и исходящим трактами на все время неразговорных соединений, обслуживаемых MSC.

Коммутационное поле

Основу распределенной архитектуры Alcatel 1000 S12 составляет цифровое коммутационное поле (DSN), являющееся цифровым КП кольцевого типа. DSN не только заменяет обычное коммутационное поле с его централизованным управлением, но также заменяет комплекс шин системы взаимодействия, требуемый при централизованном управлении для контроля и взаимодействия с каждым терминальным устройством.

Основными функциями DSN является выполнение команд процессоров для установления соединений между абонентскими или соединительными линиями, для передачи речи и данных, и для передачи сообщений между процессорами.

Согласно концепции распределенного управления производительность и память для поиска и проключения путей в DSN также полностью распределены. Другими словами, каждый функциональный блок DSN располагает всей необходимой логикой, чтобы действовать как независимый элемент.

DSN может расширяться в широких пределах согласно требованиям к станции. Для построения поля используется единая плата, известная как цифровой коммутационный элемент DSE.

Как показано на рис. 6.11, DSN имеет четырехступенчатую складную структуру. Первая ступень состоит из пары коммутаторов доступа, которые распределяют трафик от терминальных модулей по планам групповых коммутаторов.

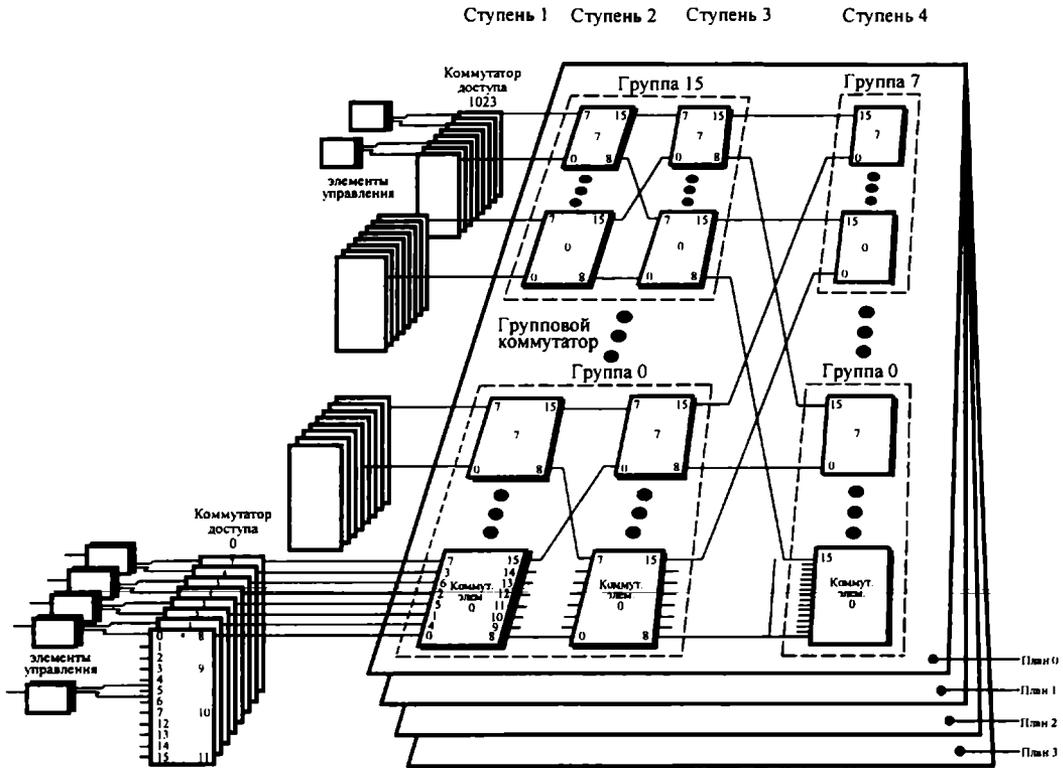


Рис. 6.11. Коммутационное поле Alcatel 1000 S12

Может быть оборудовано до трех ступеней групповых коммутаторов. Количество ступеней и планов групповых коммутаторов определяется числом терминалов и средним трафиком, обрабатываемым станцией.

Наращивание DSN при увеличении числа терминалов или трафика делается установкой дополнительных DSE. Существующие элементы не затрагиваются. В максимальной конфигурации DSN может обработать трафик более чем 120000 АЛ или 85000 СЛ.

DSN осуществляет пространственно-временную коммутацию. Каждый DSE содержит 16 одинаковых двусторонних коммутационных портов. Каждый порт имеет 32 входящих и 32 исходящих временных каналов 128 Кбит/с. Каждый канал может передавать данные, речь в цифровом виде или межмодульные сигнальные сообщения. Каналы 0 и 16 предназначены только для внутреннего использования.

DSE имеет собственный механизм поиска и собственную карту путей. Каждый коммутационный порт может интерпретировать входные команды для установления, контроля и разъединения соединения для межпроцессорных сообщений или вызова. Он может также посылать сигналы другим DSE.

Любой из 30 цифровых потоков любого из 16 портов может соединяться с исходящим аналогом любого порта. Эта пространственно-временная коммутация позволяет DSE коммутировать 480 входящих каналов на 480 исходящих без блокировки.

Гибкость DSN и его высокие показатели обеспечивают связь между большим числом элементов управления и расширение станции без ухудшения качества обслуживания. Обобщенные характеристики DSN следующие:

- пошаговое проключение пути с автоматическим поиском свободных каналов и автоматическими повторными попытками, обеспечивающими виртуальную незаблокируемость. Каждый порт реагирует на команды проключения пути, посылаемые через поле. Программной карты состояния поля не существует;
- внутренняя надежность, благодаря доступности большого числа альтернативных путей, так что отказ DSE не влияет на возможности соединения и незначительно снижает показатели системы;
- поле коммутирует цифровые линии 4096 Кбит/с, каждая по 32 временных канала 128 Кбит/с, которые передают, помимо речи, междомодульные сигнальные сообщения, а также широкий диапазон данных;
- распределенное процессорное управление элементами сети;
- контроль правильной работы коммутационного оборудования;
- контроль на четность отсчетов речи;
- аварийные сообщения по каналу 16;
- контроль канала 0 (контроль через второе туннельное поле и цикловая синхронизация).

Плата DSE содержит 16 коммутационных портов, расположенных в одной заказной БИС.

DSN внутренне надежно, благодаря наличию большого числа альтернативных путей в одной плоскости и наличию 4 коммутационных плоскостей. Отказ отдельного коммутационного элемента оказывает минимальное влияние на возможности соединений DSN и таким образом на параметры системы.

При проключении пути через DSN каждый используемый элемент проверяется и при необходимости выбирается альтернативный путь. После проключения пути делаются дальнейшие проверки таким образом, что путь и связанные с ним элементы находятся под постоянным контролем. Это позволяет идентифицировать и изолировать дефектные элементы до их серьезного влияния на надежность системы. Каждый модуль включен в групповой коммутатор DSN через два отдельных коммутационных элемента (пару доступа). Отказ одного из них приводит только к снижению трафика модуля.

Более подробно работа кольцевого цифрового КП была рассмотрена в разделе 3.7.

В цифровых АТС 1000S12 широко применяется концепция разделения коммутационного поля (рис. 6.12), когда КП физически может быть расположено в нескольких местах, используя выносные терминальные подблоки (RTSU). При этом при нормальном режиме работы абоненты RTSU обслуживаются как составная часть головной станции.

Концентрация нагрузки

Выносные абонентские блоки ЦСИС (IRSU) (рис. 6.10) являются по сути концентраторами телефонной нагрузки. Они разработаны как для городской, так и для сельской местности и подключают удаленных абонентов к станции по четырехпроводным высокоскоростным линиям.

IRSU представляет собой смешанный концентратор для аналоговых и ЦСИС линий, с концентрацией абонентской нагрузки в 1-4 стандартных ИКМ тракта 2 Мбит/с, подключенных к основной станции. Соотношение аналоговых и ЦСИС линий в IRSU может меняться согласно потребностям. При потере связи с основной станцией IRSU переходит в автономный режим, в котором обеспечиваются простые разговорные соединения между абонентами.

В настоящее время в Alcatel 1000 S12 применяется новое (J-семейство) оборудования стативов IRSU. Краткие характеристики концентраторов этого семейства приведены в табл. 6.2.

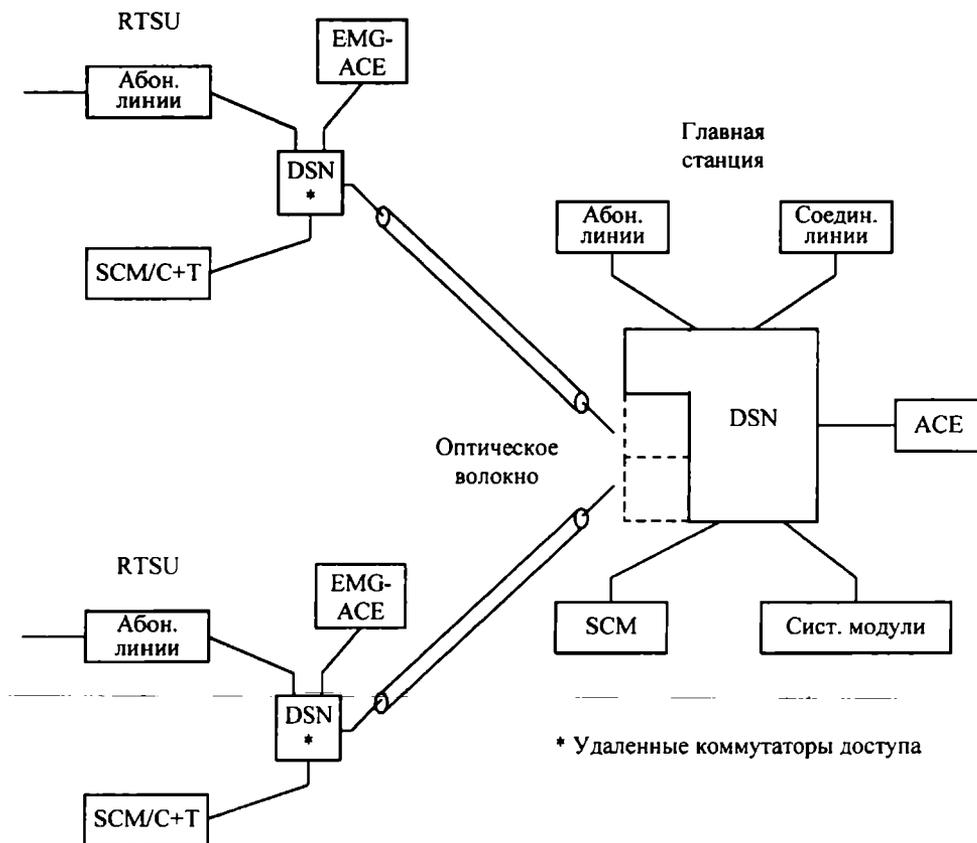


Рис. 6.12. Концепция RTSU

Таблица. 6.2. Конфигурация концентраторов Alcatel 1000 S12

Тип концентратора	Конфигурация	
	Минимальная	Максимальная
JR – 01	256 аналоговых абонентов	32 аналоговых абонентов 112 ISDN абонентов
JR – 02	512 аналоговых абонентов	32 аналоговых абонентов 240 ISDN абонентов
JR – 03	976 аналоговых абонентов 24 ISDN абонентов	64 аналоговых абонентов 480 ISDN абонентов

Распределенное управление

Надежность системы Alcatel 1000 S12 во многом заключается в распределенном управлении. Широкое использование микропроцессоров с собственной памятью позволяет распределить управление по всей системе. Надежность больше не определяется зависимостью от централизованной, и поэтому оказывающей большое влияние функции управления. При децентрализованном управлении неисправность одного модуля оказывает только ограниченное влияние на всю систему.

Для повышения надежности и уменьшения влияния сбоев оборудования и ПО были разработаны следующие средства:

- помехоустойчивая организация памяти с исправлением ошибок;
- восстановление при неустойчивых отказах путем автоматического перезапуска или перезагрузки элемента управления;
- восстановление при устойчивых критических отказах путем автоматической замены элемента управления.

Структура управления Alcatel 1000 S12 включает несколько иерархических уровней. Каждый уровень содержит средства улучшения общей надежности.

На нижнем уровне управления находятся модули абонентских, соединительных линий и т.д. Каждый модуль имеет свой управляющий процессор. Некоторые модули объединены в пары так, чтобы элемент управления каждого модуля мог управлять обоими, если один отказывает.

На верхнем уровне управления (связанном с функциями администрирования, управления ресурсами и техобслуживания) надежность обеспечивается распределением и исчерпывающим резервированием.

Программное обеспечение. ПО Alcatel 1000 S12 включает прикладные программы, операционную систему и данные в виде базы данных.

Alcatel 1000 S12 имеет полностью распределенную архитектуру с реально распределенной обработкой. Это достигается путем использования в центре системы DSN, окруженного независимыми модулями с микропроцессорным управлением. Соединения через DSN используются как для информации пользователей, так и для служебного обмена между модулями.

Микропроцессоры загружены программами, которые известны как FMM и SSM. Они обеспечивают каждый модуль средствами для функционирования в соответствии с его назначением, которые включают обработчики сообщений обмена с другими модулями через DSN и средства доступа к операционной системе и системе управления базой данных.

Такой путь разработки дает ряд преимуществ:

- модули и элементы DSN могут добавляться для расширения станции пропорционально увеличению ее емкости. Дополнительная мощность обработки автоматически включается в дополнительные модули;
- полный отказ системы практически невозможен. При отсутствии центрального процессора отказы могут возникать только в ограниченной части системы, а функции, выполнявшиеся отказавшим оборудованием, могут легко передаваться другим процессорам в группах с разделением нагрузки, запасным или резервным модулям;
- начальная и наращиваемая производительность по трафику и обработке вызовов обеспечивается единым типом элемента DSN и небольшим числом разных типов модулей;
- задачи выполняются параллельно в различных модулях системы, что позволяет избежать узких мест последовательной обработки, характерных для больших центральных компьютеров;

- поскольку DSN осуществляет также связь между элементами управления, нет необходимости в дополнительном оборудовании для связи между различными частями системы, что снижает объем оборудования.

Дополнительно к распределенному принципу Alcatel 1000 S12 содержит ряд усовершенствований в части доступа к данным и обслуживания:

- модульная структура программ, использующая язык высокого уровня – CHILL;
- стандартные программные интерфейсы между FMM образуют логические барьеры, которые фактически перекрывают возможность распространения ошибок по станции;
- применение виртуальных машин, распределенных по иерархическим уровням;
- модульная структура данных, использующая распределенную реляционную базу данных, что делает независимыми программы и данные;
- программная классификация оборудования на блоки надежности (SBL), где каждый SBL объединяет одну группу функционально связанного оборудования. Программа техобслуживания выводит SBL из работы при обнаружении ошибки в работе группы.

Все ПО загружаемое. Развитие функций системы осуществляется за счет периодического выпуска основных версий ПО, подкрепляемых подверсиями.

Развитие коммутационной системы Alcatel 1000 S12 в настоящее время происходит в направлении интеграции с системами широкополосной связи. И основным шагом в развитии к широкополосной технологии Alcatel 1000 S12 является замена коммутационного поля DSN многопутным самонастраивающимся коммутатором MPSR. Это позволяет обрабатывать все типы информации, в том числе пакеты ATM, синхронные контейнеры технологии SDH и цифровые каналы 64 Кбит/с.

Коммутатор MPSR вводится в узкополосную станцию путем подключения модулей MPSR к коммутаторам доступа DSN через плату тракта взаимодействия (IWLK) (рис. 6.13). Эта плата преобразует каналы 64 Кбит/с внутреннего интерфейса 4 Мбит/с в многоканальные секции интерфейса 155 Мбит/с MPSR. Коммутатор MPSR обеспечивает подключение терминалов SDH к Alcatel 1000 S12 и расширение станции широкополосными интерфейсами и функциями широкополосной коммутации.

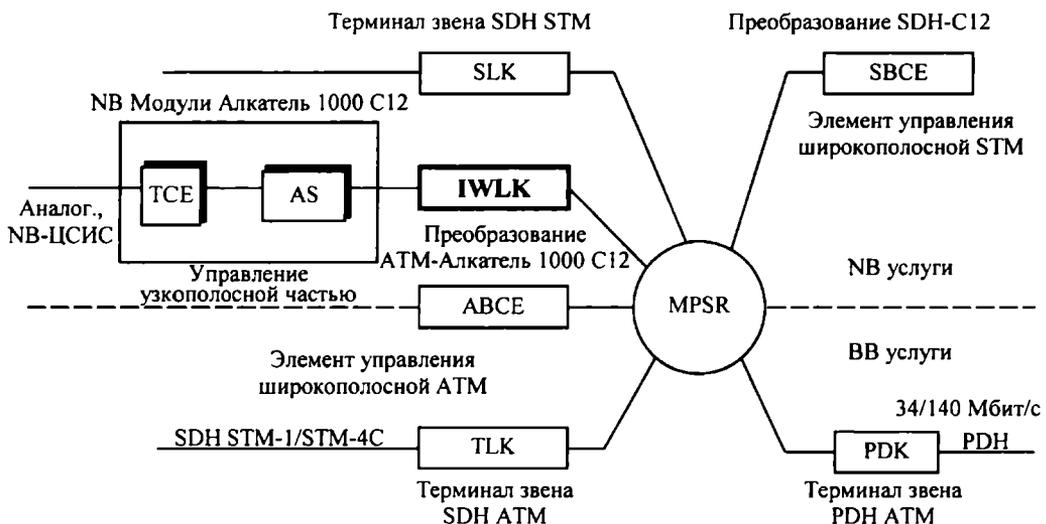


Рис. 6.13. Архитектура системы с коммутатором MPSR

Коммутатор MPSR позволяет подключать:

- все существующие узкополосные интерфейсы (NB) модулей Alcatel 1000 S12;
- интерфейсы SDH STM-1, передающие контейнеры низкого порядка (VC-12);
- АТМ интерфейсы для плезеохронной (PDH) и синхронной (SDH) ЦСП.

Для взаимодействия разных интерфейсов и служб предназначены специальные взаимодействующие элементы управления: элемент управления широкополосной STM (обеспечивает взаимодействие между SDH VC-12 и $N \times 64$ Кбит/с узкополосных каналов) и элемент управления широкополосной АТМ (обеспечивает взаимодействие между соединением АТМ и $N \times 64$ Кбит/с узкополосных соединений).

Архитектура этой системы вводится следующими этапами:

1. Замена КП DNS коммутатором MPSR в узкополосной станции Alcatel 1000 S12;
2. Добавление терминалов SDH STM-1 в узкополосную станцию;
3. Добавление терминалов АТМ в узкополосную станцию;
4. Обеспечение полного взаимодействия между АТМ и NB услугами.

6.3. Коммутационная система АХЕ-10

Название коммутационной системы АХЕ-10 используется фирмой производителем (шведская компания Ericsson LM) с 1972 года для целого поколения АТС, начиная с квазиэлектронных. Используя одно название, фирма как бы подчеркивает, что во всех станциях используется одинаковая структура системы и одинаковый тип программных средств поддержки. Первая полностью цифровая АТС АХЕ-10 была установлена в 1978 году в Финляндии.

Система АХЕ-10 используется на всех уровнях в иерархии сети: как местная станция, как национальная транзитная или международная станция. Некоторые части системы не изменяются в разных применениях. Для удовлетворения требований специфичного применения основная структура дополняется разными комбинациями подсистем. Станция может предоставлять абонентам самые различные услуги.

Основные технические характеристики коммутационной системы АХЕ-10:

- количество абонентских линий: до 200000;
- количество соединительных линий: до 60000;
- пропускная способность: 30000 Эрл;
- количество попыток вызовов в ЧНН: до 2000000 (в зависимости от применяемого типа процессора);
- емкость выносных концентраторов: до 2048 АЛ и до 480 СЛ;
- структура коммутационного поля: $T-S-T$ со вторичным мультиплексированием;
- сигнализация: любая система линейной и абонентской сигнализаций;
- электропитание: от -48 В до -51 В постоянного тока,
- управление: иерархическое, с распределением нагрузки и функций.

Структура системы

АХЕ-10 состоит из двух основных частей: коммутационного оборудования для коммутации телефонных вызовов (АРТ) и вычислительной машины для управления коммутационным оборудованием (АРЗ) (рис. 6.14). Следует заметить, что коммутационное оборудование имеет свои программы, хранящиеся в АРЗ, но принадлежащие АРТ.

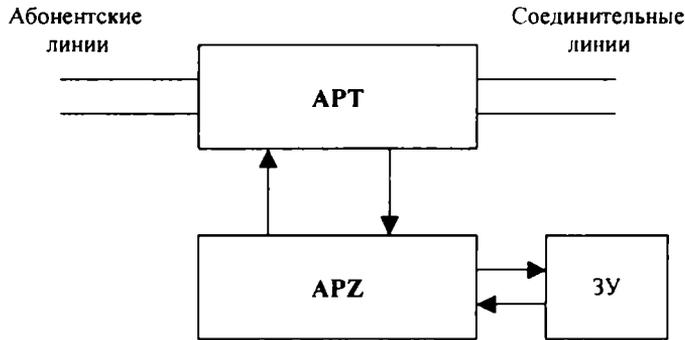


Рис. 6.14. Структура AXE-10

Работа, выполняемая станцией, состоит из:

- установленного порядка часто проводимого просмотра (сканирования) оборудования с целью обнаружения изменения состояний аппаратных средств;
- сложного анализа и диагностики, требующих большой емкости вычислительных работ и большого количества данных.

В связи с этим в станции предусмотрено два типа процессоров для управления системой: центральный процессор (СР) и большое число региональных процессоров (РР), которые обслуживаются соответственно центральным и региональным ПО. Такая конфигурация обеспечивает простую модификацию емкости станции увеличением или уменьшением числа региональных процессоров (до предела емкости центрального процессора).

Системы АРТ и АРЗ структурно состоят из подсистем. Каждая подсистема делится на несколько частей, называемых функциональными блоками, которые, в свою очередь, могут состоять из функциональных модулей. Региональное программное обеспечение, размещенное в функциональных блоках, передает информацию об изменениях в состоянии аппаратных средств в центральное ПО. Центральное ПО может взаимодействовать с другими функциональными блоками в центральном процессоре (рис. 6.15). Взаимодействие функциональных блоков всегда происходит на уровне СР.

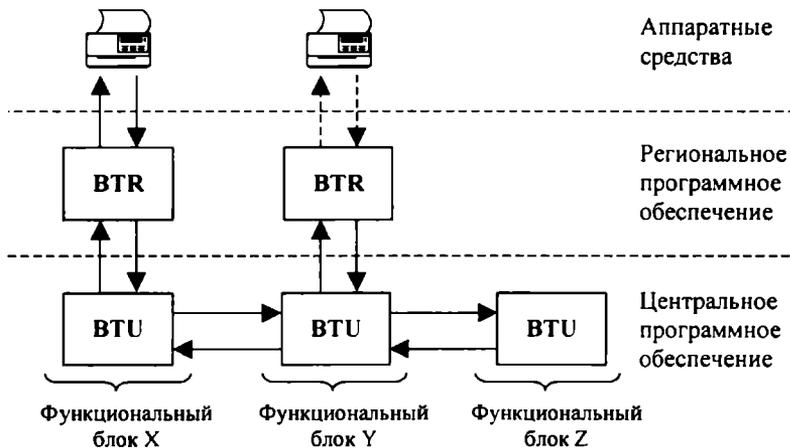


Рис. 6.15. Взаимодействие функциональных блоков

Как показано на рис. 6.15, функциональный блок Z не имеет ни аппаратных средств, ни регионального ПО. Это «виртуальный» блок, реализованный программными средствами. Такое решение часто применяется в АХЕ-10 и даже целые подсистемы могут состоять из функциональных блоков, реализованных только в центральном программном обеспечении.

Состав системы АРТ

Коммутационная часть АХЕ-10 делится на несколько подсистем, которые могут содержать аппаратные и программные средства или только программные средства.

Аппаратные подсистемы (рис. 6.16):

- TSS (trunk and signaling subsystem) – подсистема соединительных линий и сигнализации. TSS управляет сигнализацией и контролем связей к другим станциям;
- GSS (group switching subsystem) – подсистема ступени группового искания. GSS устанавливает, контролирует и разъединяет соединения через ступень группового искания. Выбор пути через эту ступень определяется программными средствами;

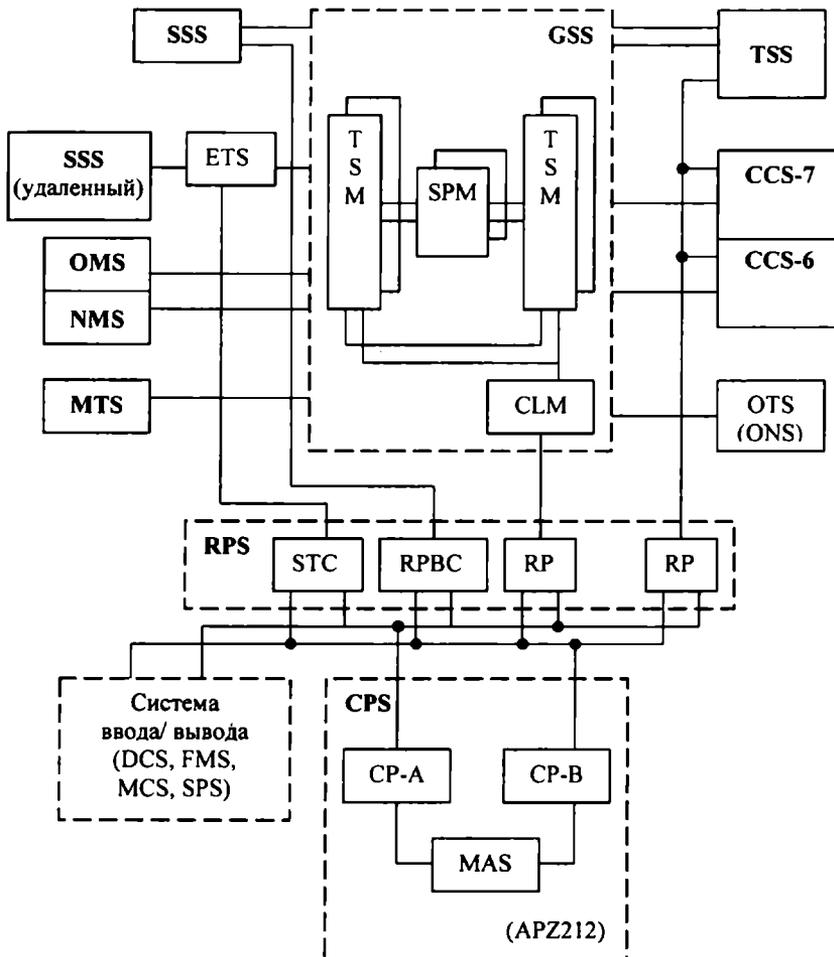


Рис. 6.16. Структура АХЕ-10

- OMS (operation and maintenance subsystem) – подсистема эксплуатации и обслуживания. Подсистема имеет ряд функций, связанных со статистикой и контролем. OMS считается одной из самых больших подсистем в АРТ;
- SSS (subscriber switching subsystem) – подсистема абонентского искания. Подсистема управляет нагрузкой к и от абонентов, подключенных к станции;
- CCS (common channel signaling subsystem) – подсистема сигнализации по общему каналу. CCS содержит функции для сигнализации, маршрутизации, контроля и корректировки сообщений;
- MTS (mobile telephony subsystem) – подсистема подвижной связи. Подсистема управляет нагрузкой подвижных абонентов;
- NMS (network management subsystem) – подсистема управления сетью. Только аппаратные средства. Подсистема содержит функцию контроля течения нагрузки через станцию и функцию ввода временных изменений в это течение.

Программные подсистемы (на рисунке не показаны):

- TCS (traffic control subsystem) – подсистема управления нагрузкой. TCS является центральной частью АРТ и, можно сказать, заменяет телефонистку в системе с обслуживанием вручную. Выполняет следующие функции:
 - а) установление, контроль состояния соединения и разъединения связи;
 - б) выбор исходящих направлений – маршрутизация;
 - в) анализ входящих цифр;
 - г) хранение абонентских категорий;
- CHS (charging subsystem) – подсистема тарификации. Настоящая подсистема управляет функциями тарификации вызова. Имеются две возможности тарификации вызова: считывание импульсов и автоматический учет стоимости разговоров;
- SUS (subscriber services subsystem) – подсистема абонентских услуг. В этой подсистеме реализованы все абонентские услуги;
- OPS (operator subsystem) – подсистема функций телефонистки. Подсистема управляет подключением и отключением телефонисток и взаимодействует с сетью терминалов OTS или OTN.

Рассмотрим состав некоторых наиболее важных подсистем АРТ.

Подсистема TCS. Через нее осуществляется внутреннее взаимодействие центральных частей системы. Эта подсистема занимает центральное место в АХЕ-10. Как следует из ее названия (подсистема управления нагрузкой), задачи TCS охватывают управление фазами установления и разъединения соединения.

TCS состоит только из центрального программного обеспечения и содержит 9 важных функциональных блоков:

- RE – функции регистра. Блок сохраняет поступающие цифры и управляет установлением соединения.
- CL – контроль состояния соединения. Блок надзирает соединения в состоянии переговора и опознает отбой.
- DA – анализатор цифр. Блок содержит таблицы для анализа цифр. Этот анализ требуется для регистра RE.
- RA – анализатор направления. Блок имеет таблицы для выбора исходящих направлений, включая и альтернативные пути. Информация таблиц также требуется для регистра RE.
- SC – абонентские категории. В блоке сохранены абонентские категории для всех абонентов подключенных к станции.

- TOM – управление вмешательством телефонистки. Блок перенимает на себя функции RE и CL, когда занятый абонент должен быть под надзором телефонистки.
- TOD – данные о вмешательстве телефонистки. Как и блок TOM, блок перенимает функции RE и CL, если занятый абонент должен быть под надзором телефонистки.
- COF – согласование услуг, осуществляемых кратковременными сигналами. Настоящий блок перенимает функции блока CL, когда более двух абонентов находятся в одной и той же речевой связи. (Применяется в некоторых абонентских услугах).
- SECA – полупостоянные соединения. Настоящий блок обеспечивает установление полупостоянных соединений через ступень группового искания.

Подсистема соединительных линий и сигнализации TSS (рис. 6.17). Для подключения цифровых соединительных линий (ИКМ трактов) в АХЕ-10 используется оборудование ETC (комплект станционного окончания). При использовании 32-канальной системы, только 30 каналов можно использовать для речи. Канал 0 всегда используется для синхронизации и информации об аварийном сигнале, канал 16 используется для сигнализации.

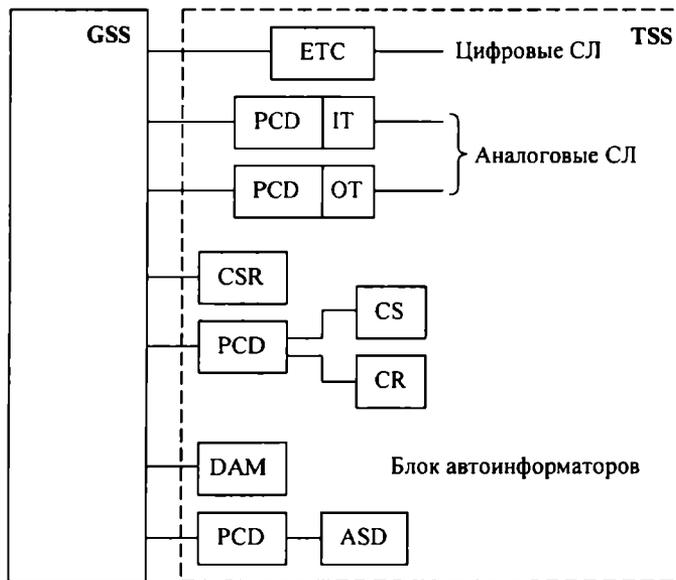


Рис. 6.17. Структура подсистемы TSS

Блок OT (исходящая соединительная линия) используется для обслуживания исходящих аналоговых соединений. Соответственно блок IT (входящая соединительная линия) обслуживает входящие аналоговые линии связи. Аппаратные средства состоят из магазина, охватывающего 32 комплекта, и аналого-цифрового преобразователя PCD (прибор импульсно-кодовой модуляции). Станции, монтируемые сегодня, почти исключительно оснащены ETC. При подключении аналоговых соединительных линий цифровые сигналы, передаваемые от ETC, преобразуются в аналоговые с помощью дополнительных устройств.

Аналоговые приемники (CR) и передатчики кода (CS), а также цифровые приемопередатчики кода CSR используются для приема и передачи регистровых сигналов МЧК (MFC). Блоки CR/CS/CSR подключаются через ступень группового искания OSS, когда

соответствующий блок (IT, OT или ETC) должен передавать регистровые сигналы МЧК способом.

Блок автоинформатора считается абонентской услугой, которая использует записанные сообщения, информирующие вызывающих абонентов о причинах невозможности установления соединения с набираемыми номерами. На станции АХЕ применяются два разных типа автоинформаторов: цифровой DAM или стандартный аналоговый ASD.

Подсистема сигнальных терминалов CCS. Сигнальные терминалы (ST) для сигнализации в соответствии с ОКС №7 МККТТ подключаются к ступени группового искания через блок PCD-D. Так как сигнальные терминалы являются цифровыми приборами, аппаратура PCD-D не включает в себя функцию преобразования, и служит только для согласования со ступенью группового искания. Сигнальная информация от сигнального терминала передается через ступень группового искания до соответствующего канала в ETC. Этот канал затем используется только для сигнализации.

Преимущество подключения сигнальных терминалов (ST) через ступень группового искания состоит в том, что это дает возможность иметь приборы в резерве и заменять автоматически в любой момент неисправный прибор исправным.

Система сигнализации ОКС №6 МККТТ используется для международных связей. Основной принцип работы такой же, как и для сигнализации ОКС №7 МККТТ, но конструкция системы приспособлена к аналоговым сигнальным линиям. Поэтому скорость передачи гораздо ниже (2400 бит/с), по сравнению с 56 Кбит/с или 64 Кбит/с, которые применяются в ОКС №7.

На рис. 6.18. показана структура подсистемы CCS.

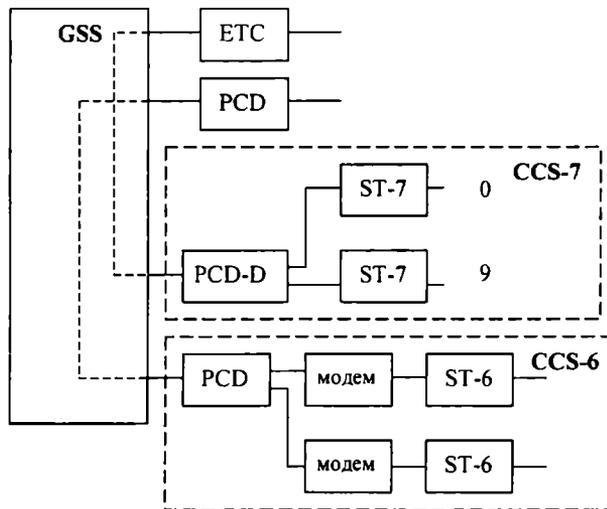


Рис. 6.18. Структура блоков CCS

Цифровая ступень абонентского искания SSS. Как упоминалось выше, подсистема для обслуживания абонентской нагрузки в АХЕ-10 называется ступенью абонентского искания (SSS). Ступень абонентского искания в АХЕ цифровая, т.е. аналоговый сигнал от абонентской линии преобразуется в цифровую форму. Это происходит в линейном комплексе (LIC) (рис. 6.19).

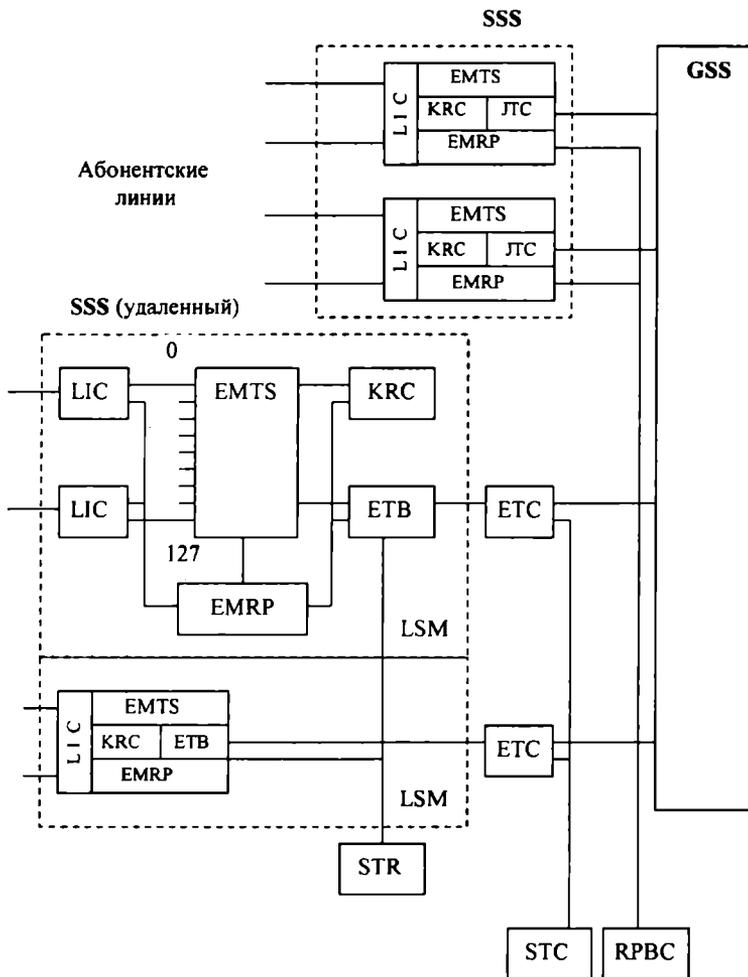


Рис. 6.19. Структура подсистемы SSS

Линейный комплект не имеет прибора приема цифр с телефонного аппарата с кодовым способом набора (тонов). Оборудование для такой функции общее для нескольких абонентов и называется прибором приема набора кодовым способом (KRC). Данный прибор цифровой, и на каждую печатную плату можно поместить 8 KRC. Для подключения KRC к вызывающим абонентам используется модуль расширения временного коммутатора (EMTS). Все приборы (LIC, KRC и EMTS) имеют региональное и центральное программное обеспечение.

Для подключения абонентов к ступени группового искания необходимо дополнительное оборудование. Такое оборудование, обслуживающее 32 цифровых канала к ступени группового искания, называется комплектом станционного окончания ETB.

К одному блоку EMTS можно подключить 128 абонентов, 8 KRC и один 32-канальный ETB. Все это оборудование относится к линейному коммутационному модулю LSM. Всего можно подключить до 16 LSM. Таким образом, число абонентов, обслуживаемых одной удаленной SSS ступенью, варьируется от 128 до 2048.

Региональное программное обеспечение для ступени абонентского искания сохраняется, а программы исполняются в процессоре, встроенном в модуль расширения регионально-процессора (EMRP).

Связь SSS и опорной станции осуществляется по нескольким трактам ИКМ, в которых каналы 0 и 16 используются для сигнализации. Сигнальные данные из центрального процессора обрабатываются на сигнальном терминале STC, помещенном на опорной станции. ETC работает в качестве стыка между ИКМ линией и ступенью группового искания. Сигнальные данные извлекаются в аппаратуре ETV ступени абонентского искания. Региональный сигнальный терминал (STR) изменяет формат сигнала и передает его соответствующему EMRP по шине EMRPB.

Ступень абонентского искания SSS, которая помещена в опорной станции, имеет немного другое исполнение, что связано с тем, что расстояние до центрального процессора и ступени группового искания значительно меньше:

- комплект печатной платы ETV заменен комплектом печатной платы JTC (комплект соединительного терминала);
- не используется ETC, что означает прямую связь между JTC и ступенью группового искания;
- STC и STR комбинируются в одно целое, образуя магазин, называемый преобразователь шины регионального процессора (RPBC). Нет сигнализации на канале 16;
- все 32 канала к ступени группового искания могут использоваться для передачи речи.

Коммутационное поле

Коммутационное поле является составной частью цифровой системы группового искания GSS, в которую кроме него входят блоки: модуль тактов (CLM) и многократный соединительный комплект (MJC).

Коммутационное поле содержит ступени временной коммутации (STM), состоящие из двух ЗУ речи (для входящих и исходящих сигналов) и ЗУ управления, и ступени пространственной коммутации SPM.

Емкость каждого коммутатора TSM в AXE составляет 512 входов. К одному пространственному коммутатору SPM можно подключить не более 32 временных коммутаторов TSM, что составит совокупную емкость из $32 \times 512 = 16384$ входов. (Настоящий тип ступени группового искания часто называется 16К). Соединяя между собой несколько SPM можно наращивать емкость коммутационного поля соответственно до 32К, 48К и 64К (рис. 6.20).

Установление связи проходит через TSM, через SPM и далее к тому же самому или к какому-то другому TSM. То есть все соединения устанавливаются через SPM, включая и те, которые возвращаются к тому же самому TSM. Таким образом, коммутатор имеет структуру T-S-T (время – пространство – время).

Тактовая частота, необходимая для правильной работы ЗУ речи и управления вырабатывается в модуле тактов CLM. Для надежности GSS имеет три модуля CLM.

Аппаратура многократного соединительного комплекта MJC предназначена для возможности подключения в соединение двух абонентов третьего абонента (телефонистки или организации конференц-связи).

Поскольку ступень группового искания представляет основную часть станции AXE, к надежности ее работы предъявляют особые требования, так как при отказе SPM могут прерваться 16000 соединений. Для избежания этого система оборудована двумя полностью оснащенными ступенями группового искания: одна носит название плоскость А, а другая плоскость – В. Образец речи передается через обе плоскости, но используется только в плоскости А.

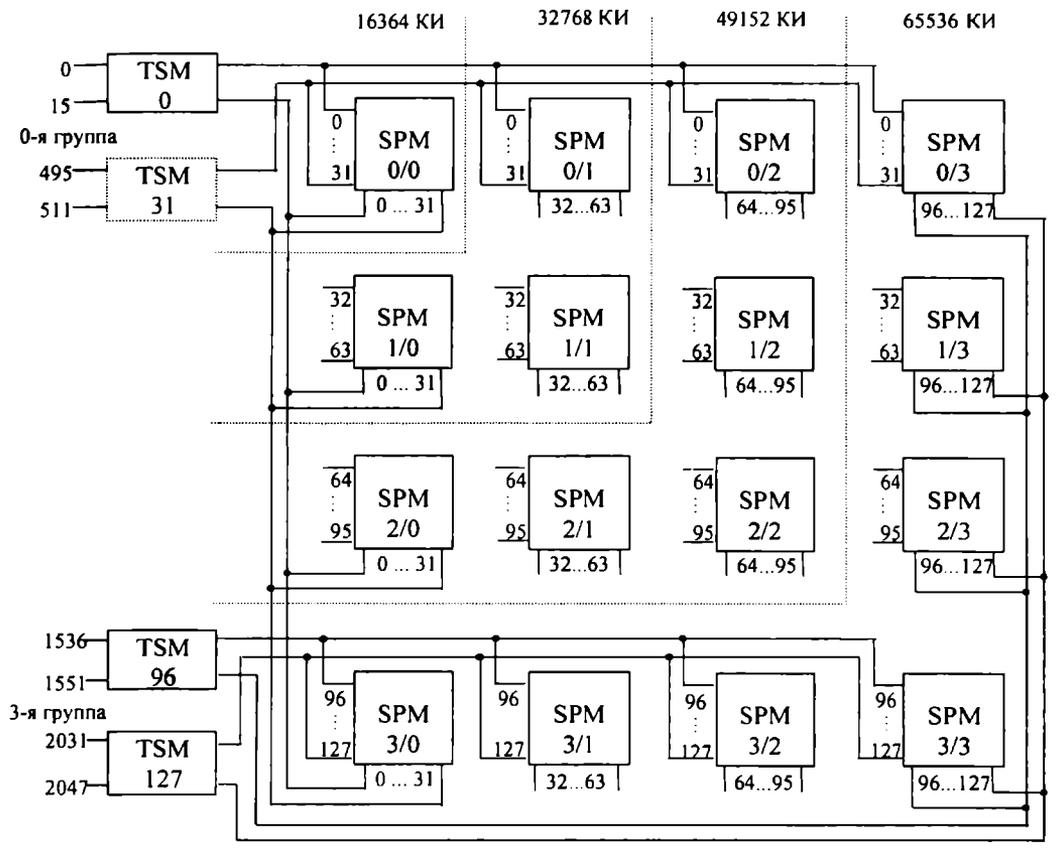


Рис. 6.20. Коммутационное поле АХЕ-10

Состав управляющей системы APZ

APZ состоит из следующих подсистем, приведенных выше на рис. 6.16:

CPS (central processor subsystem) – подсистема центрального процессора. Настоящая подсистема, охватывающая программные и аппаратные средства, исполняет функции управления заданиями, управления запоминающими устройствами, загрузки и изменения программ;

MAS (maintenance subsystem) – подсистема обслуживания. MAS в APZ 211 состоит только из программных средств, а в APZ 212 содержит программные и аппаратные средства. Основное назначение подсистемы: обнаружение неисправностей в аппаратуре и ошибок в программе, уменьшение влияния таких неисправностей и ошибок на работу системы;

RPS (regional processor subsystem) – подсистема региональных процессоров. Настоящая подсистема охватывает аппаратные и программные средства. Аппаратура помещается в магазин регионального процессора, а программные средства состоят из управляющих программ, записанных в ЗУ региональных процессоров;

MCS (man-machine communication subsystem) – подсистема связи «человек-машина». Настоящая подсистема управляет связью между устройствами ввода-вывода (В/В) и остальной системой. Устройствами В/В могут быть: видеодисплей, печатающие устройства и панели аварийной сигнализации или персональные компьютеры;

SPS (support processor subsystem) – подсистема процессора поддержки. Подсистема включает в себя мощный процессор для связи со всеми устройствами В/В. SPS также управляет и функциями блокировки, разблокировки и надзора устройствами В/В;

DCS (data communication subsystem) – подсистема обмена данными, управляет связью между блоками СР (central processor) и SP (support processor);

FMS (file management subsystem) – подсистема управления файлами, управляет всеми типами файлов, используемых в системе.

В системе АХЕ сегодня применяются четыре разных типа процессоров. Их программное обеспечение полностью совместимо с точки зрения прикладных программ, т.е. одна и та же программа может использоваться для всех четырех типов процессора. Процессоры обозначаются: APZ 210, APZ 211, APZ 212 и APZ 213.

Первым процессором, разработанным для системы АХЕ, был APZ 210. Большое их количество эксплуатируется во всем мире. В настоящее время он заменен тремя другими версиями, которые различаются с точки зрения емкости. Краткая характеристика процессоров приведена в табл. 6.3.

Таблица 6.3. Характеристики процессоров

Тип процессора	Емкость станции (абонентов)	Нагрузочная способность процессора (ВНСА)
APZ 210	до 36000	144 000
APZ 211	до 40000	150 000
APZ 212	до 2000000	800 000
APZ 213	до 2000	11 000

Младший в семействе процессоров APZ 213 сконструирован последним. Ввиду его небольшой емкости, такой процессор самый подходящий для использования в небольших станциях (до 2000 абонентов).

APZ 211 применяется в станциях, обслуживающих до 40000 абонентов, и его применение чаще остальных.

Самым большим по емкости является APZ 212 и его мощность позволяет применять его на больших транзитных станциях. Для сравнения с остальными: его емкости достаточно для управления местной станцией, обслуживающей 200000 абонентов.

Подсистема СРS характеризуется следующими свойствами:

- удвоение аппаратных средств. Чтобы уменьшить влияние повреждений на аппаратных средствах используются два одинаковых процессора, каждый из которых имеет собственное ЗУ. Процессоры называются – сторона А (СР-А) и сторона В (СР-В);
- параллельная работа. Обе стороны выполняют одинаковые программы, которые постоянно сравниваются. Поэтому повреждение аппаратуры обнаруживается сразу.

Одна из сторон считается исполнительной, и региональные процессоры получают команды от этой стороны. После остановки одной из сторон и устранения неисправности, она продолжает параллельную работу с исправной стороной. При этом остановка одной стороны не влияет на емкость процессорного блока в целом.

Как указывалось выше, центральному процессору СР помогает ряд региональных процессоров РР. Шина взаимодействия между СР и РР называется шиной регионального процессора РРВ. Для надежности все региональные процессоры дублированы. Но их совместная работа отличается от случая двух СР. Два РР работают по принципу разделения нагруз-

ки, т.е. один RP управляет одной половиной оборудования, а второй – другой половиной. При возникновении сбоя в одном RP, другой принимает на себя управление всем оборудованием.

Обнаружение неисправностей, контроль аппаратных средств, испытание неисправных блоков обеспечивает подсистема MAS (подсистема обслуживания). Подсистема MAS может выполняться только программными средствами (APZ 211) или программными и аппаратными средствами (APZ 212).

Система ввода/вывода позволяет осуществлять большинство внутренних функций, например:

- подключение абонентов;
- изменение абонентских категорий;
- вывод данных о тарификации;
- измерения;
- сохранение резервного программного обеспечения;
- распечатка сообщений об авариях и неисправностях;
- связь через каналы передачи с центрами эксплуатации и др.

Функции системы ввода/вывода реализованы в четырех подсистемах: SPS, FMS, MCS и DCS (рис. 6.16).

Виды доступа. В коммутационной системе АХЕ-10 используется различное оборудование доступа, которое позволяет строить сети с достаточной гибкостью. К этому оборудованию относится следующее:

– Удаленный абонентский мультиплексор RSM. Хотя это устройство названо «производитель-мультиплексор», по сути дела это удаленный концентратор. Его основное назначение – предоставление услуг цифровой сети небольшим группам (до 60) сельских или городских абонентов с концентрацией нагрузки 2:1. Модуль RSM передает нагрузку к удаленному блоку SSS (RSS) или CSS. Внутренняя коммутация в модуле запрещена.

– Оптико-волоконная сеть (FTTL). Включает в себя 4 вида оборудования, работающего по оптическому волокну: FTTH – оптико-электронное оборудование для подключения частных абонентов, FTTB – для подключения бизнес абонентов, FTTR – для подключения удаленных блоков, FTTC – для подключения таксофонов.

– Радиосеть (RRL). Базируется на технологии сотовой связи с системой радиодоступа RAS 1000. Применяется вместо проводного подключения сельских и городских абонентов, а также удаленных ступеней абонентского искания. RAS 1000 совместима со всеми типами цифровых АТС.

– Беспроводная телефонная система. Предназначена для бизнес абонентов и абонентов УПАТС. Основана на радиотехнологии. Позволяет вести телефонные переговоры в радиусе действия радиостанции.

– Система доступа DIAMUX. Система мультиплексирования, обеспечивающая бизнес абонентам точку подключения к телефонным сетям общего пользования, ISDN сетям, арендуемым линиям со скоростью передачи 2048 Кбит/с, $n \times 64$ Кбит/с, протоколы V.11 и V.24.

Сегодня цифровая АТС АХЕ-10 может применяться:

- на телефонных сетях;
- на сетях ЦСНО (ISDN);
- на мобильных сетях;
- в частных виртуальных сетях.

При этом использование АХЕ-10 на мобильных сетях является одним из наиболее интересных применений коммутационной системы, поскольку АТС поддерживает все основные

мировые стандарты аналоговой и цифровой мобильной связи: AMPS, D-AMPS, NMT, GSM, TACS, ADC, PDC.

Начиная с 2001 года компанией Ericsson объявлено о существенной модернизации коммутационной системы AXE-10, которая коснется, в первую очередь, конструктивного исполнения и аппаратного обеспечения.

Вместе с этим на станции вводятся новые функциональные возможности:

- взаимодействие с сетями передачи данных (вводятся пакетный интерфейс РНІ, пакетные режимы работы X.31 А, X31 В, возможность предоставления услуг видеоконференцсвязи и др.);
 - взаимодействие с сетью доступа через интерфейс V5.2;
 - расширены возможности сетевой сигнализации;
 - расширены возможности работы с интеллектуальными сетями (IN);
 - расширены возможности системы взаимодействия с мобильными сетями (в частности введен стандарт DECT);
- и некоторые другие.

6.4. Коммутационная система SI-2000

Система SI-2000 производится фирмой IskraTEL (Словения), а также совместным предприятием ИскраУралТек (Екатеринбург). Станции системы SI-2000 обеспечивают все основные телефонные функции (местные, исходящие, входящие и транзитные соединения), а также большое количество дополнительных услуг (абонентская линия с декадным/частотным набором, повторение последнего набранного номера, запрет исходящей/входящей связи, конференц-связь, определение злонамеренного вызова, перенаправление вызова, вызов абонента по заказу и др.).

Сети связи стран СНГ (особенно местные) большей частью являются все еще аналоговыми, поэтому осуществить быстрый переход на цифровые системы передачи практически невозможно. В телефонных станциях SI-2000 наряду с цифровыми линейными комплектами присутствуют и аналоговые, что позволяет гибко решать вопросы стыковки с аналоговыми соединительными линиями. На базе системы SI-2000 можно организовать надежную связь на всех уровнях от сельской станции до АМТС средней емкости, а также в учрежденческих и ведомственных сетях.

Изделия семейства включают в себя два типа станций:

- 1) SI-2000/224 – многомодульная АТС;
- 2) SI-2000/214 – экономичная одномодульная АТС.

Основные характеристики системы:

- максимальная емкость до 40000 абонентских линий;
- максимальная емкость узловой станции – до 7000 аналоговых или цифровых соединительных линий;
- 512 направлений (число линий в направлении от 1 до 7000);
- тракт 2 Мбит/с может быть разбит на несколько направлений (до 30);
- в одном направлении могут быть исходящие, входящие и двухсторонние каналы, а также каналы с различными системами сигнализации;
- общая пропускная способность системы – 5000 Эрл;
- производительность – до 200000 вызовов в ЧНН;
- потребляемая мощность – 0.5...0.7 Вт на АЛ;

- возможность включения ISDN абонентов;
- электропитание: –48 В постоянного тока (при использовании IPS/MPS – 230/380 В переменного тока);
- условия эксплуатации: температура от +5 до +40 градусов, влажность от 20 до 80 процентов.

Структура системы. Системы SI-2000 являются многомодульными, программно управляемыми с распределенным управлением и многослойной структурой.

Аппаратные средства в системе размещены в модулях различных типов. Каждый модуль выполняет задания, характеризующие его функцию, а модулем управляет собственный процессор. Модули взаимосвязаны посредством межмодульных трактов, которые обеспечивают работу станции в целом. Эти тракты централизованы в групповом переключателе, в некоторых случаях эта централизация является только функциональной, а не физической.

Каждый модуль состоит из нескольких съемных блоков. Некоторые являются общими для различных типов модулей системы SI-2000, а остальные характерны для определенного модуля. Модули одного типа оборудованы однотипными съемными блоками.

Распределенное управление означает, что в системе нет центрального процессора, управляющего всеми точками подключения и функциями станции. Каждый модуль – это самостоятельный блок, управляемый собственным процессором, связанный с остальными модулями посредством точно определенных интерфейсов. Процессор управляет модулем по предварительно записанной программе. Большинство модулей системы являются функционально идентичными и предназначены, прежде всего, для упрощения управления и наращивания емкости и функциональности. Такая структура позволяет управлять большими системами посредством процессорных блоков малой производительности.

В состав SI-2000 входят следующие основные функциональные узлы (рис. 6.21):

- GSM (Group Switch Module) – групповой переключатель,
- ADM (Administration Module) – административный модуль,
- CHM (Charging Module) – тарифный модуль,
- (R)ASM ((Remote) Analog Subscriber Module) – (удаленный) аналоговый абонентский модуль,
- LCM (Line Concentrator Module) – модуль абонентских концентраторов,
- (R)ANM ((Remote) Analog Network Module) – (удаленный) аналоговый сетевой модуль,
- DNM (Digital Network Module) – цифровой сетевой модуль,
- CCSM/DSM – модуль ОКС № 7 / ISDN.

Кроме того, в состав системы входят следующие модули: центра эксплуатации и техобслуживания (ОМС), интегрированной системы электропитания (IPS и MPS).

Групповой переключатель GSM обеспечивает коммутацию разговорных каналов максимум 124 коммутационных модулей, которые можно подключить к нему. Каждый коммутационный модуль подключается к GSM посредством ИКМ линии (ML). GSM обеспечивает коммутацию 4096 каналов во временном пространстве, причем 3720 из них являются разговорными. Для обеспечения надежной работы групповой переключатель является дублированным.

В групповом переключателе имеется главный генератор тактовых частот станции, от которого синхронизируются все модули системы. Главный тактовый генератор станции можно синхронизировать от генератора тактовых сигналов станции высшего уровня или от эталонного внешнего источника высокой стабильности.

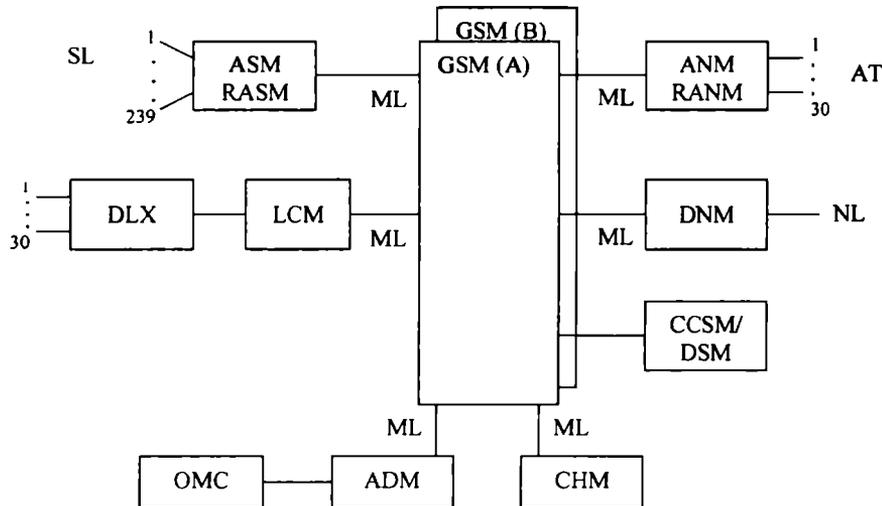


Рис. 6.21. Структура системы SI-2000

Основной функцией административного модуля (ADM) является загрузка программы с магнитной ленты в запоминающее устройство модулей и административное управление всей станцией. Кроме своей основной функции административный модуль может выполнять также функцию тарифного модуля на станциях емкостью приблизительно до 2000 абонентов. В этом случае тарифный модуль CHM не нужен, причем аппаратные средства модуля ADM не изменяются.

Программное обеспечение модуля ADM всегда содержит функции административного и тарифного модулей. Во время инициализации модуль ADM проверяет конфигурацию станции и в том числе – наличие тарифного модуля. Если тарифного модуля нет, модуль ADM автоматически берет на себя выполнение его функций.

Тарифный модуль CHM обеспечивает хранение тарифных данных системы. Функции учета стоимости разговоров выполняются в разговорных модулях, в которых хранятся также тарифные данные этих модулей. В тарифном модуле хранятся показания тарифных счетчиков всей станции, которые через определенные временные интервалы записываются для хранения на магнитную ленту. Таким образом, тарифные данные хранятся в запоминающих устройствах разговорных модулей, в ЗУ тарифного модуля и на магнитной ленте.

Модули ASM и RASM позволяют подключать к станции аналоговые абонентские линии. Емкость абонентского модуля составляет 239 точек подключения, т. е. индивидуальных телефонных аппаратов или максимально 478 спаренных телефонных аппаратов. Модули обеспечивают:

- подключение аналоговых абонентских линий;
- концентрацию линий в направлении группового переключателя в соотношении 239/30;
- генерирование тарифных сигналов и их передачу абонентам;
- генерирование акустических сигналов и вызывного тока;
- декадный и частотный набор номера;
- межпроцессорную связь (IPC) с остальными модулями (GSM);
- преобразование аналоговых речевых сигналов в цифровые и наоборот;

- синхронизацию модуля от группового переключателя;
- перемену полярности (переполюсовку);
- доступ к точкам подключения с целью выполнения испытаний, включая линии, телефонные аппараты и абонентские комплекты;
- испытательный блок (LTU) для автоматических испытаний оконечных комплектов, абонентских линий и телефонных аппаратов;
- обработку соединений;
- в модуле RASM сбор и обработку внешних аварийных сигналов.

Блок-схема аппаратных средств абонентского модуля показана на рис. 6.22. Процессор в блоке SCC управляет периферийными комплектами и распознает изменения их состояний посредством интерфейсов PIN и SIN. Периферийная шина с блока PIN соединяет между собой съемные блоки SIN, ADC, UPI, LTU и RTG, а процессор посредством этой шины управляет перечисленными съемными блоками и контролирует их работу.

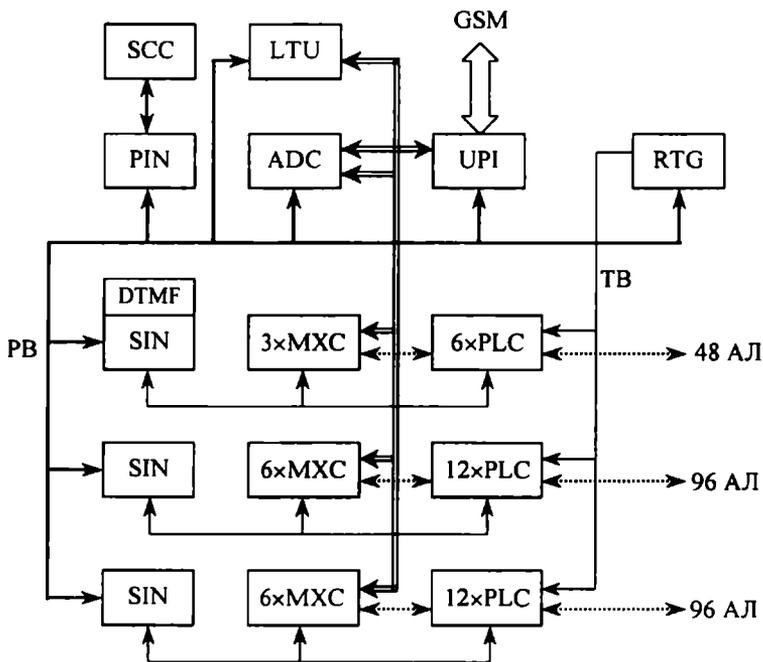


Рис. 6.22. Блок-схема модулей ASM (RASM)
 PB – периферийная шина, TB – шина акустических сигналов

Интерфейс SIN обеспечивает в каждой секции абонентского модуля распознавание данных для своей секции. Интерфейс SIN распознает все данные, поступающие от процессора и предназначенные для периферийных съемных блоков MXC (блок пространственно-временного коммутатора) или PLC (блок линейного комплекта) в данной секции, и передает эти данные, преобразованные в соответствующую форму, на шину секции. Процессор через шину секции управляет коммутационными точками на съемных блоках MXC, а также выполняет управление и считывание функций абонентских комплектов на блоке PLC. На ин-

терфейсе SIN (только в центральной секции) имеются, в качестве самостоятельных функциональных единиц, приемники и передатчик сигналов частотного набора номера DTMF с соответствующими коммутационными точками, обеспечивающими их соединение с коммутационным полем посредством вертикалей.

Разговорные пути с абонентского комплекта на съемном блоке PLC физически соединены с горизонталями коммутационного поля на съемном блоке МХС так, что блок МХС обеспечивает подключение двух блоков PLC. Коммутационное поле абонентского модуля является аналоговым. Оно изготовлено на матрицах CMOS. Процессор управляет соединением в модуле программным способом, посредством управления коммутационными точками между горизонталью и вертикалью коммутационного поля. Вертикали коммутационного поля всех съемных блоков МХС в модуле соединены между собой и подключены к съемному блоку ADC, на котором выполняется аналого-цифровое преобразование речевого сигнала.

Все речевые сигналы, преобразованные в цифровую форму и размещенные во временные каналные интервалы, передаются по 30 разговорным каналам ИКМ через коммуникационный интерфейс UPI к групповому переключателю в модуле GSM. Между модулем ASM и GSM дополнительно передается синхросигнал в нулевом КИ и данные межпроцессорной связи (IPC) в 16-ом канале. Данное взаимодействие обеспечивают схемы на съемном блоке UPI, управление и контроль работы которого выполняет процессор модуля.

Доступ акустических сигналов к абонентским комплектам обеспечивают две сигнальные шины, которые при помощи аналоговых переключателей на абонентском комплекте подключаются к горизонталям коммутационного поля. Вызывной ток распределяется по шине для доступа к абонентским комплектам через вызывной переключатель. Вызывной ток и акустические сигналы генерируются на съемном блоке RTG.

Модуль абонентских концентраторов (LCM) выполняет функции аналогового абонентского модуля для максимально 240 абонентских линий (SL). К LCM физически подключается цифровой абонентский концентратор DLX (Digital Lines Multiplexer), к которому в свою очередь подключаются до 30 удаленных базовых мультиплексоров RBM (Remote Basic Multiplexer). Блок RBM обеспечивает подключение до восьми абонентских линий. Для этих абонентских линий все данные, изменения, статистические данные, техническое обслуживание, учет стоимости разговоров и диагностика выполняется в модуле LCM, так как функционально эти абонентские линии идентичны всем остальным линиям на станции.

Функционально модуль LCM идентичен модулю ACM, поскольку для всех возможных 240 абонентов (подключенных через модуль DLX) обеспечиваются все абонентские услуги, что и в модуле ACM.

В состав аналогового сетевого модуля ANM входит 30 аналоговых линейных комплектов (AT). У него имеются также собственные сигнальные блоки. Модуль обеспечивает адаптацию к аналоговому окружению посредством любой аналоговой сигнализации и различных аналоговых интерфейсов и работает в качестве аналого-цифрового преобразователя, с помощью которого цифровая станция адаптируется к аналоговому окружению.

Аналоговый сетевой модуль обеспечивает также подключение терминалов передачи данных к терминальному интерфейсу R. Это синхронные и асинхронные терминалы передачи данных со скоростью передачи от 300 до 64 бит/с, данные которых передаются по каналам ИКМ со скоростью 64 Кбит/с. Терминальный интерфейс R обеспечивает передачу данных, адаптацию, синхронизацию, согласование скорости для терминалов с интерфейсом пользователя V.24 или V.11. Модуль в таком исполнении применяется в большинстве случаев в качестве удаленного ANM, установленного вблизи терминалов передачи

Сетевой и абонентский модули можно подключить к станции также в качестве удаленных модулей. Количество удаленных модулей не ограничено.

Цифровой сетевой модуль DNM позволяет согласовать систему с 32-канальной цифровой системой передачи со скоростью 2048 Кбит/с посредством цифрового интерфейса типа А. Модуль содержит 30 цифровых линейных комплектов и соответствующие сигнальные блоки. Модуль обеспечивает адаптацию к любой цифровой сигнализации.

Модуль сигнализации ОКС №7/ISDN (CCSM/DSM) подключается к групповому переключателю SI-2000. Максимальная емкость одного модуля составляет 320 ISDN абонентов (2B+D) и 6 каналов ОКС №7.

Все модули станции соединены с групповыми переключателями GSM(A) и GSM(B) через тракты 2048 Кбит/с (ML), идентичные внешним цифровым трактам 2048 Кбит/с. По этим трактам осуществляется также синхронизация системы, передача разговорных и всех служебных данных.

Групповой переключатель GSM. Групповой переключатель является одним из центральных модулей системы SI-2000 и выполняет несколько функций, важнейшими из которых являются временная коммутация ИКМ каналов и синхронизация. Из-за этих функций, чрезвычайно важных для системы, от модуля требуется большая надежность работы, поэтому в нем предусмотрено дублирование всех важных блоков, отказ которых вызвал бы отказ станции в целом (рис. 6.23).

Групповой переключатель состоит из двух одинаковых частей с различными идентификационными номерами. Обе части группового переключателя вместе образуют функционально одно целое, однако работать можно и с одной частью. В этом случае дублированная часть группового переключателя отсутствует и при отказе действующей части произойдет отказ всей станции. Дублирование группового переключателя выполнено так, что по отношению к остальным модулям обе части работают полностью независимо друг от друга, и для модулей дублирование группового переключателя незаметно.

Модули соединены с групповым переключателем посредством межмодульных трактов, подключенных к обеим частям группового переключателя. Межмодульный тракт ML представляет собой обычную систему передачи 2048 Кбит/с, соответствующую рекомендациям МККТТ, допускающую фазовую асинхронность порядка 125 мкс без потери информации. К одному блоку MLI подключается восемь межмодульных трактов, а для каждой части группового переключателя получается 16 блоков MLI. Межмодульный тракт на блоке MLI вначале поступает на линейную схему LC, где выполняется фазовая синхронизация для синхронной внутренней шины. Линейная схема выполняет также все функции контроля межмодульного тракта.

Синхронный тракт затем подключается к интерфейсу, где в 0-й канал вставляются данные, полученные от контроллеров HDLC (на рисунке не показаны). После вставки выполняется преобразование восьми последовательных каналов 2048 Кбит/с в один последовательный канал 16384 Кбит/с. Аналогичная процедура выполняется в обоих направлениях передачи.

Затем каналы ИКМ со всех блоков MLI идут на коммутационное поле, носящее в системе название TS (time switch). Емкость коммутационного поля составляет 4096 КИ. Предварительно поступающие на TS сигналы подвергаются последовательно-параллельному преобразованию в блоке SPS. Кроме коммутации каналов ИКМ, коммутационное поле обеспечивает также установление конференцсвязи. Коммутационным полем управляет процессор, располагающийся в блоке SCC, через интерфейс ID и периферийную шину на блоке SSI. Коммутационное поле получает тактовые частоты из синхронизационного блока, а затем передает их блокам MLI по трактам синхронизации.

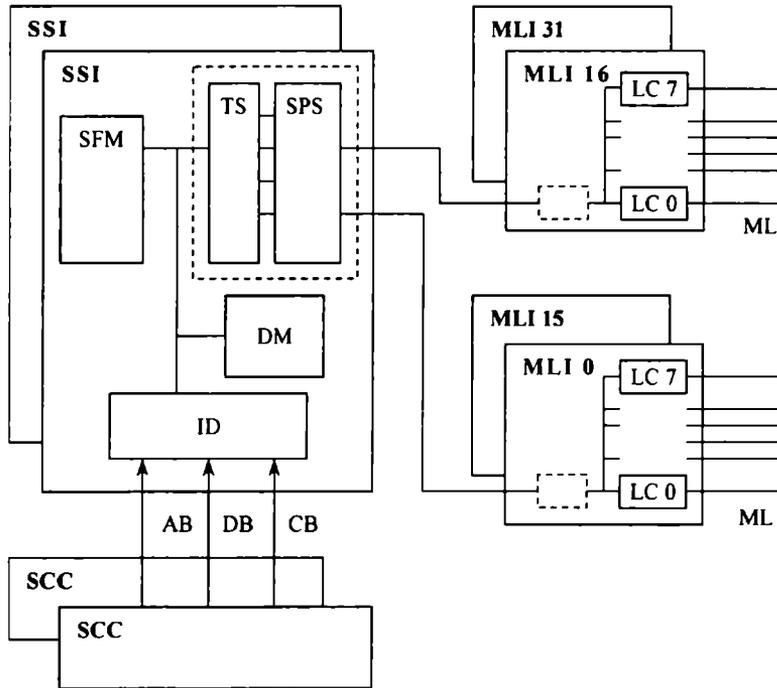


Рис. 6.23. Структура модуля GSM (коммутационная часть)
 АВ – адресная шина, DB – шина данных, CB – шина управления,
 DM – динамическое ЗУ, ID – интерфейс процессора

Синхронизационная часть содержит также цепь измерения частоты источников эталонной тактовой частоты в отношении к тактовой частоте сети и коррекции этой тактовой частоты в случае холостого хода станции в течение суток (блок SFM).

Кроме вышеперечисленных функций блок SSI также генерирует аварийные сигналы и выполняет контроль за устройствами электропитания.

Основной тактовый сигнал, от которого синхронизируется станция, если она работает на цифровой сети, поступает на станцию по цифровым соединительным трактам NL (рис. 6.24). Выбор соединительного тракта, который будет использоваться для синхронизации, зависит от построения сети, на которой работает станция.

Синхронизирующий сигнал в цифровых сетевых модулях выделяется из соединительного сетевого тракта и по отдельным путям поступает в групповой переключатель, который выполняет централизованную функцию синхронизации с сетью. Процессы, выполняемые в данном блоке, обеспечивают контроль за синхронизацией, а также выполняют все предписанные процедуры выбора источника и исправления эффектов передачи, как например, «дрожание» и «блуждание».

Синхронизирующий сигнал или собственный тактовый сигнал (в случае аналоговой окружающей среды) далее распределяется в форме синхронизационного кода через систему распределения по межмодульным трактам до отдельных модулей системы. Там выполняется восстановление всех тактовых импульсов, необходимых для работы модуля, а также обеспечивается контроль и резервирование источника синхронизации отдельного модуля. Через модули DNM тактовый сигнал возвращается в сеть и от него синхронизируются остальные станции.

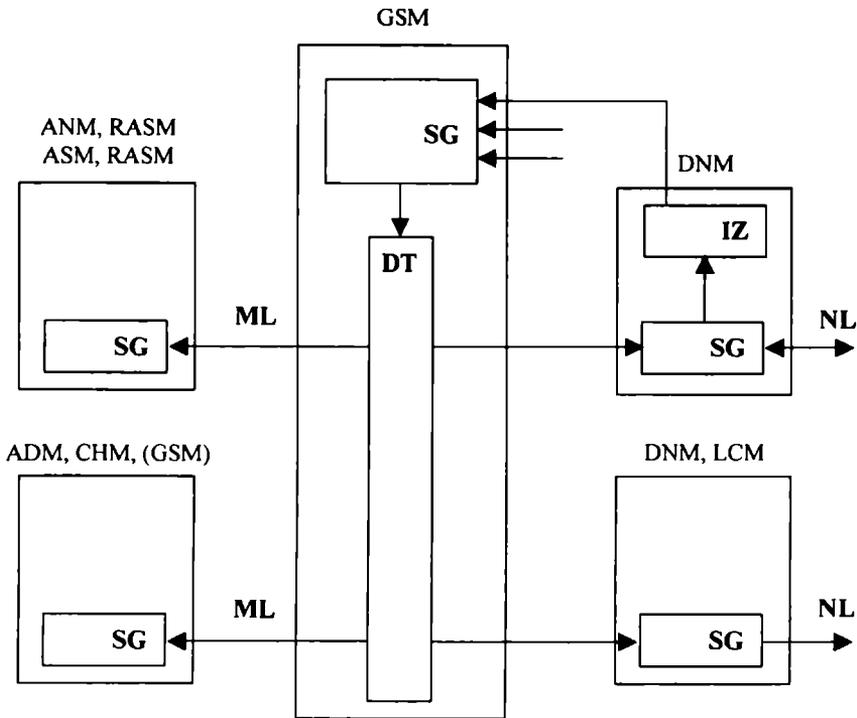


Рис. 6.24. Синхронизация и распределение тактового сигнала

SG – синхронизация и генерирование тактовых сигналов; IZ – выделение такта в модуле DNM; NL – сетевой тракт; DT – распределение синхронизационного кода; ML – межмодульный тракт (Module Links)

Концентрация нагрузки. Для экономически эффективного подключения абонентов сельских сетей в системе SI-2000 предназначен цифровой абонентский концентратор DLX. В результате большой рассредоточенности абонентов в сельских сетях инвестиции на одну АЛ чрезвычайно высоки. Применение модуля DLX решает проблему довольно эффективно, так как к одной абонентской линии можно подключить до восьми абонентов. Способ связи между DLX и другими модулями АТС цифровой и поэтому менее чувствительный к помехам по сравнению с существующими аналоговыми способами передачи.

Соединение модуля DLX с абонентской стороной до удаленного блока RBM (Remote Basic Multiplexser) также является цифровым посредством интерфейса «U».

Модуль DLX на станции подключается к модулю LCM посредством 30 каналов ИКМ с общеканальной сигнализацией CCS, содержащей также сообщения технического обслуживания и диагностические сообщения. Между модулями используется протокол DSS1 в соответствии с рекомендациями МККТТ Q.921, Q.931. Скорость передачи составляет 2 Мбит/с. Модуль DLX обеспечивает подключение максимально 240 абонентов.

Блок RBM устанавливается вблизи абонентов. Имеется три возможных типа этого блока. Блок RBM-2V предназначен для двух аналоговых абонентов, RBM-4V – для четырех аналоговых абонентов, а RBM-8V – для восьми аналоговых абонентов. В последнем случае из восьми абонентов одновременно активными могут быть максимально четыре.

При полной оборудованности модуля DLX имеется до 240 аналоговых точек подключения при использовании блока RBM-8V. Здесь выполняется первая ступень концентрации (с 8 на 4), а вторая ступень концентрации со 120 на 30 выполняется в модуле DLX. Электропитание блоков RBM обеспечивается модулем DLX.

Соединение с окружающей средой

Цифровая АТС SI-2000 обеспечивает взаимодействие практически с любыми типами АТС, применяющимися на сетях связи стран СНГ, используя для этого следующие виды интерфейсов.

1. *Аналоговая абонентская линия (интерфейс Z₁)*. Интерфейс Z – это двухпроводный аналоговый интерфейс, используемый для подключения аналоговых абонентских линий к телефонной станции. Через интерфейс Z питается телефонный аппарат абонента и проводится обмен сигналами между телефонным аппаратом абонента и станцией.

2. *Аналоговое соединение через систему передачи с (интерфейс C11)*. Интерфейс C11 является 4-проводным аналоговым интерфейсом, обеспечивающим соединение цифровой станции с аналоговым канальным оборудованием систем передачи с частотным разделением каналов.

Основные функции интерфейса: аналого-цифровое преобразование; прием/передача сигналов; установка уровней; мультиплексирование.

Характеристики интерфейса соответствуют рекомендации МККТТ Q.551.

3. *Аналоговое соединение по физическим линиям (интерфейс C22)*. Интерфейс C22 – это аналоговый интерфейс, обеспечивающий возможность взаимодействия станций по физическим линиям с использованием тональной частоты. Спецификация характеристик передачи интерфейса «С22» приведена в рекомендациях МККТТ Q.552. Используемые сигнальные характеристики зависят от страны, а возможные варианты приведены в рекомендациях МККТТ Q.552 и Q.553.

Основные функции интерфейса: аналого-цифровое преобразование; прием/передача сигналов; преобразование сигнала с 4-проводной на 2-проводную передачу и обратно; установка уровней; мультиплексирование.

4. *Цифровое соединение с сетью на скорости 2 Мбит/с (интерфейс А)*. Интерфейс А обеспечивает цифровое соединение для соединения цифровой станции с другими цифровыми станциями и аппаратурой передачи ИКМ на уровне первичного цифрового сигнального потока со скоростью 2048 Кбит/с. Соединение физически выполнено на коаксиальных кабелях с импедансом 75 Ом или на симметричных парах с импедансом 120 Ом.

Общие характеристики интерфейса А: скорость передачи 2048 Кбит/с; код HDB3; вставка/выделение сигналов; синхронизация цикла и сверхцикла.

Цифровой интерфейс А системы SI-2000 предоставляет дополнительно следующие возможности:

- последовательное (многоточечное) подключение большого количества станций к одному тракту 2048 Кбит/с;
- выделение каналов 64 Кбит/с из тракта 2048 Кбит/с.

Цифровой интерфейс А системы SI-2000 обеспечивает также подключение нескольких станций к одному тракту 2048 Кбит/с. Внутри станции, а именно в цифровом сетевом модуле, имеется возможность разделить тракт на несколько направлений. Все станции, подключенные к данному тракту, последовательно соединяются между собой таким образом, что приемная и передаточная точка подключения тракта 2048 Кбит/с подключаются к разным станциям. Все станции в таком кольце должны быть оснащены устройством ответвления каналов системы ИКМ-30.

SI-2000/224 также обеспечивает на интерфейсе А замыкание неиспользованных каналов с помощью съемного блока UPI. Система SI-2000/224 принимает и обрабатывает информацию в использованных каналах, а неиспользованные каналы замыкает (функция loop-back) и передает смежной станции в кольцо. В общем случае доступно 30 разговорных каналов, которые распределяются между станциями. В зависимости от распределения каналов между станциями они могут быть соединены одним трактом 2048 Кбит/с кольцеобразным или звездообразным способом. Замыкание каналов возможно только по парам.

Ответвлением каналов системы ИКМ-30 можно управлять с помощью административных процедур.

Преимущество последовательного подключения нескольких станций к одному тракту оказывается в том, что можно сэкономить при подключениях и на регенераторах, а в вышестоящей станции – использовать только одну точку подключения тракта 2048 Кбит/с для подключения нескольких станций с небольшим трафиком. Целесообразным является подключение к одному тракту именно таких станций, так как каждая последовательно подключенная к тракту станция может использовать число каналов меньшее чем 30.

5. *Цифровое соединение с цифровой УПАТС на скорости 2 Мбит/с (интерфейс V3).* Интерфейс V3 – это цифровой интерфейс для соединения учреждений АТС с цифровой станцией ГАТС посредством путей передачи со скоростью 2048 Кбит/с.

На настоящем этапе интерфейс V3 SI-2000 не построен по принципам ЦСИО (ISDN).

Интерфейс V3 по электрическим требованиям соответствует рекомендации МККТТ G.703. УПАТС подключается к ГАТС таким же способом, что и оконечная станция. Обмен сигналами выполняется через соединительную линию.

Предусмотрен цифровой тракт от сети общего пользования к цифровой УПАТС по принципу прямого набора номера абонентов УПАТС.

Тот же тракт 2048 Кбит/с можно использовать для прямого набора абонентами УПАТС номеров в сети общего пользования, так что в некоторых случаях аналоговые связи в сторону УПАТС не нужны. В этом случае все исходящие из УПАТС соединения тарифицируются ГАТС станцией таким же образом, что и местные абоненты.

Кроме 30-канального тракта от одной УПАТС к цифровой ГАТС предусмотрена также возможность соединения нескольких станций УПАТС посредством одного и того же тракта со скоростью 2048 Кбит/с. Это последовательное подключение станций аналогично рассмотренному выше для интерфейса А.

6. *Тракт передачи данных – терминальный интерфейс R.* Терминальный интерфейс R обеспечивает подключение синхронных и асинхронных терминалов передачи данных с большими скоростями (300-19200 бит/с) к цифровым ИКМ-каналам на скорости 64 Кбит/с. Данный интерфейс используется при передаче данных по арендованным каналам 64 Кбит/с в 30-канальном цифровом ИКМ-тракте в сети передачи данных или телефонной сети.

Терминальный интерфейс R соответствует рекомендациям ЕСМА 102, МККТТ I.461 (X.30) и I.463 (V.110).

Интерфейс включает протоколы передачи данных, адаптации скорости, а также сборки/разборки циклов, предусмотренными для обмена между терминалами типа V.24, X.20 или V.11, X.21 и В-каналом 64 Кбит/с в ISDN.

Порт пользователя можно программным способом приспособить к синхронному или асинхронному режиму работы и разным скоростям передачи:

- синхронный режим работы: 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 64000 бит/с;
- асинхронный режим работы: 50-600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200 бит/с.

Порты пользователя имеют две возможности настройки: МККТТ V.24 (RS232); МККТТ V.11 (RS422).

Порт пользователя – это 15-полюсный соединитель CANNON со стандартным размещением выводов.

Интерфейс R обеспечивает мультиплексирование сигналов пользователей в канал 64 Кбит/с. Разные возможности мультиплексирования на канал 64 Кбит/с зависят от настроенных скоростей пользовательских интерфейсов передачи данных. Функция передачи данных настраивается при помощи программного обеспечения.

Терминальный интерфейс позволяет несколько видов взаимосвязи:

- нормальная (двухточечная) взаимосвязь (point to point);
- многоточечная взаимосвязь (point to multipoint):
 - многоточечная взаимосвязь для главных вычислительных машин (multi-point/HOST),
 - многоточечная взаимосвязь для терминалов (multipoint/terminal).

Основные функции интерфейса:

- преобразование скорости:
 - асинхронное/синхронное преобразование,
 - приспособление малой скорости к скорости передачи 64 Кбит/с.
- синхронизация терминальных адаптеров;
- мультиплексирование сигналов пользовательских терминалов;
- эмуляция многоточечной взаимосвязи через модемы.

Дополнительное оборудование. Кроме описанных выше модулей совместно с коммутационной системой SI-2000 могут использоваться:

- SI-2000/814 – аналого-цифровой и цифро-аналоговый преобразователь сигнализации. Преобразователь сигнализации предназначен для адаптации аналоговых соединений к цифровым и наоборот.
- SI-2000/315 – аппаратура передачи данных. Может использоваться как самостоятельное оборудование или может быть включена в коммутационную систему SI-2000. Аппаратура обеспечивает построение отдельной локальной сети передачи данных или непосредственное включение в СПД общего пользования, работающую по протоколу X.25.
- SI-2000/400 – центр эксплуатации и технического обслуживания. Поддерживает эксплуатацию и техническое обслуживание станций семейства SI-2000. Как правило, включает оборудование терминала эксплуатации и технического обслуживания ОМТ.

6.5. Коммутационная система F50/1000

Качество работы телефонных сетей в настоящее время во многом зависит от установленного на них коммутационного оборудования, его типа и функциональных возможностей. И если в крупных городах число цифровых АТС растет сравнительно быстро, то на сельских сетях подавляющее большинство АТС остается аналоговыми, а их количество составляет до 70% от всех работающих станций. Замена этих АТС – актуальный и в тоже время тяжелый с финансовой точки зрения вопрос. Выход напрашивается сам собой: применение цифровых АТС отечественной разработки, хоть и уступающих по функциональным возможностям оборудованию зарубежных производителей, но имеющих стоимость в 2-3 раза ниже. Немаловажным является также более простая и дешевая эксплуатация и ремонт.

В Республике Беларусь на сельских и местных сетях в настоящее время широко внедряется цифровая АТС F50/1000. Кроме этого, системы F50/1000 на протяжении нескольких лет успешно эксплуатируются на ведомственных сетях России (Газпром, Миннефтепром).

Разработка основных узлов и блоков станции была начата в 1992 году, а с 1995 года – начато серийное производство ОАО «Связьинвест» на базе минского завода «Промсвязь».

Широкой популярности станции способствует простота технической эксплуатации и обслуживания, невысокая стоимость, неприхотливость к линейным сооружениям связи и параметрам систем передач (как цифровых, так и аналоговых).

Конфигурационная гибкость коммутационной системы F50/1000 позволяет производить наращивание емкости АТС, находящейся в эксплуатации. Принцип распределенного программного управления обуславливает высокую живучесть системы: выход из строя одного или нескольких модулей не приводит к потере функционирования в целом. Для повышения надежности предусмотрено резервирование группового оборудования.

Режим работы АТС круглосуточный, без постоянного присутствия обслуживающего персонала. Осуществляется самоконтроль и автоматическая диагностика неисправных блоков, возможно тестирование станции и АЛ по требованию оператора.

Комплекс цифрового коммутационного оборудования модульного типа на базе F50/1000 может также применяться в качестве центральной станции (ЦС). ЦС обеспечивает установление оконечных и транзитных соединений между абонентами местной сети, междугородной сети и предназначена для установки в районном центре с выполнением одновременно функций АТС райцентра и транзитного узла СТС (сельской телефонной сети), ГТС (городской телефонной сети).

Технические данные цифровой АТС F50/1000 следующие:

- 1) область применения: узловая, центральная сельская АТС; оконечная АТС; учрежденческая АТС; городская подстанция; центр технической эксплуатации (ЦТЭ);
- 2) емкость: до 9000 абонентских линий; до 1060 соединительных линий; до 2040 СЛ в узловом режиме;
- 3) максимальное количество вызовов в ЧНН: на модуль (420АЛ) – 6300; на систему – 115000;
- 4) нагрузка (при норме потерь 0,5%): на абонентскую линию – 0,2 Эрл; на соединительную линию – 0,8 Эрл;
- 5) количество внешних направлений связи – до 100, для ЦС не менее 128. Максимальное количество линий в направлении не более 500;
- 6) типы абонентских установок, включаемых в АТС: индивидуальные абоненты, спаренные абоненты (без взаимной связи), прямые абоненты индивидуальные, таксофоны местной связи, аппаратура вещания;
- 7) типы СЛ, поддерживаемых АТС:
 - цифровые каналы ИКМ (2048 Кбит/с, МККТТ G-703);
 - трехпроводные и двухпроводные аналоговые СЛ;
 - трехпроводные физические СЛ от коммутаторов типа МРУ;
 - четырехпроводные каналы системы передачи с ЧПК;
- 8) поддержка нумерации в сети: открытая; закрытая (2-7 знаков);
- 9) сопротивление шлейфа АЛ – до 3 кОм;
- 10) коды межстанционного обмена (для ИКМ): HDB3, AMI;
- 11) напряжение электропитания: от –54 до –72 В;
- 12) удельная потребляемая мощность – менее 1 Вт/номер.

Структура системы

Абонентская ступень оборудования, включающая блоки БАЛ (блок абонентских линий) и САК (спаренных абонентских комплектов), производит прием сигналов взаимодействия от абонента, аналого-цифровое преобразование речевого сигнала, подачу вызывного

сигнала на абонентскую линию, разделение трактов приема и передачи, определение состояния шлейфа. Емкость одного блока абонентских линий БАЛ составляет 120 абонентских комплектов.

Абонентские линии от спаренных телефонов с выхода блокираторов подключаются к блокам САК (рис. 6.25), которые осуществляют те же функции, что и блоки БАЛ, только по отношению к спаренным АЛ (САЛ). Блок САК может обслуживать 60 САЛ (120 спаренных абонентов), или 30 САЛ (60 спаренных абонентов).

Ступень соединительных линий обеспечивает подключение к коммутационной системе СЛ различных типов с помощью следующих блоков:

- БСЛ – блок подключения цифровых СЛ;
- ФСЛ – блок подключения аналоговых СЛ, СЛ с ЧРК, МТС-МРУ.

Коммутационная ступень оборудования включает в себя блоки *модульных процессоров* $M_1 - M_n$ (осуществляющих функции коммутации, концентрации абонентской нагрузки, сбора и передачи статистической и служебной информации, аварийной сигнализации, а также управление всеми этими процессами) и блоки *индексных процессоров* (являющихся следующей ступенью коммутационной системы).

Модульный процессор является полнодоступным коммутатором на 256 точек коммутации. Это значит, что один модульный процессор обслуживает 8 стволов (название дано разработчиками станции – *прим. авт.*), т.е. восемь двунаправленных уплотненных потоков информации со скоростью передачи 2048 Кбит/с на 32 канальных интервала с внеполосной сигнализацией в 16-ом КИ и импульсно-кодовой модуляцией речи с законом компандирования А87/143 (интерфейс типа Е1).

Индексный процессор (ИП) осуществляет межмодульную связь между абонентами своей АТС, обеспечивает внешнюю исходящую, входящую и транзитную связь по СЛ-ИКМ, поддерживает различные виды линейной и регистровой сигнализации, собирает и передает процессору технической эксплуатации (ПТЭ) статистическую информацию.

Техническая эксплуатация представлена блоком ПТЭ, который обеспечивает процесс эксплуатации и технического обслуживания, предоставляет обслуживающему персоналу возможность «общения» с оборудованием станции. ПТЭ не участвует в обработке вызова, но осуществляет сбор и хранение статистической и учетной информации от всех процессорных модулей АТС, повременной учет стоимости разговоров, сбор информации о неисправностях в системе, измерение параметров АЛ.

Система аварийной сигнализации, встроенная в ПТЭ, оповещает оператора о неисправностях, пропадании потоков, переходе на резерв. Аварийные сообщения подразделяются по категории срочности и выводятся на табло сигнализации с включением, при необходимости, звукового сопровождения.

В системе могут применяться блоки непрерывного электропитания, обеспечивающие электропитание АТС при пропадании напряжения промышленной сети.

Основные узлы АТС имеют 100% «горячий» резерв. Переход на резерв происходит автоматически при появлении неисправности или вручную – по желанию оператора. Имеется возможность подключения к блоку ПТЭ внешних сенсоров, отвечающих за вскрытие АТС, вскрытие помещения, пожар, пропадание напряжения промышленной сети и др.

Функциональная схема станции F 50/1000 приведена на рис. 6.25.

Оборудование F50/1000 модульного типа. Модуль представляет собой независимую коммутационную структуру с полнодоступным коммутатором на 256 точек. Каждая точка коммутации – дискретный цифровой канал, рассчитанный на скорость передачи 64 Кбит/с. Внутримодульное группообразование, синхронизация и сигнализация выполнены с максимальной приемственностью принципов системы передачи ИКМ-30.

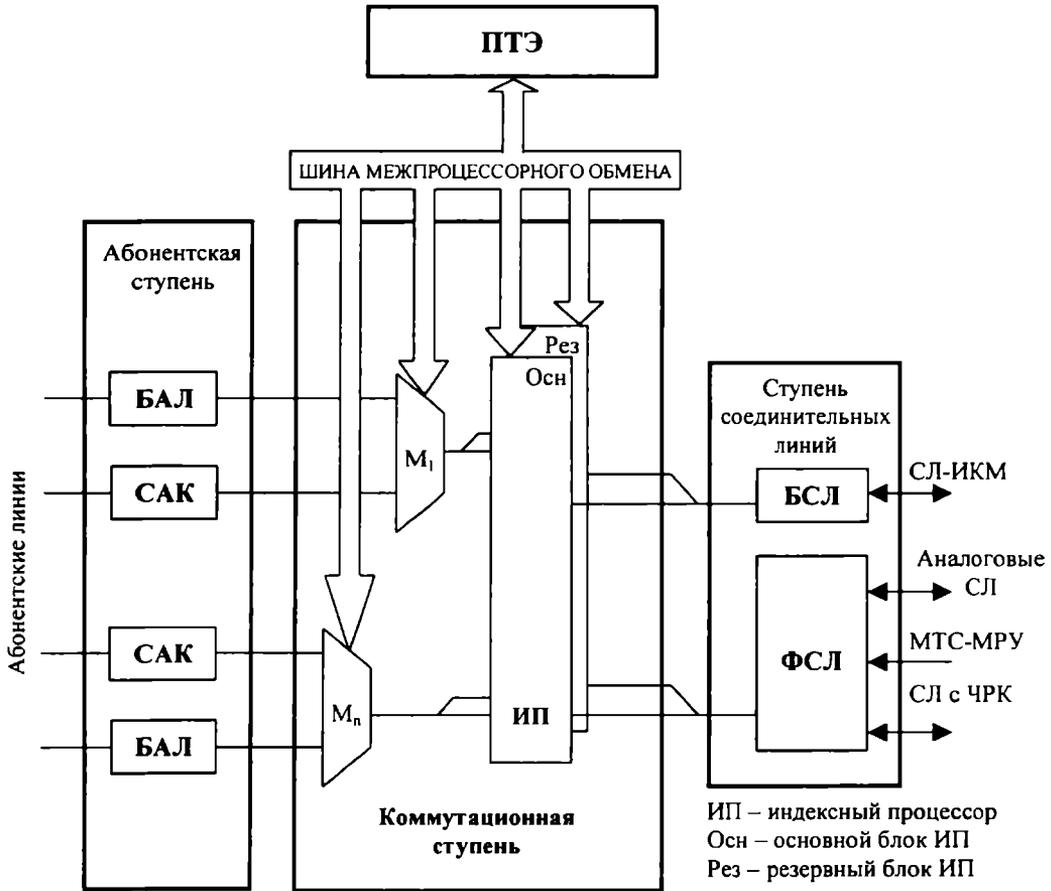


Рис. 6.25. Структурная схема цифровой АТС F50/1000

Модуль обслуживает 16 или 32 ствола (тракта) в зависимости от места применения – блок индексного процессора или блок модульного процессора.

До 6 модулей (около 1000 номеров) могут быть объединены в едином коммутационном поле индексной ступени, основным назначением которой является замыкание межмодульного трафика (внутримодульный трафик замыкает сам модуль), перекодировка типов сигнализации с вышестоящими АТС и обеспечение транзита, если возникает необходимость работы АТС в узловом режиме. Дополнительными узлами индексной ступени является буфер соединительных линий, выравнивающий временные позиции потоков приема передачи и формирователь групповых трактов, осуществляющий параллельно-последовательное матричное преобразование кода, вторичное мультиплексирование стволов БВК, перекодировку кодов АМI-HDB3 для систем передачи. В случае взаимодействия с АТС координатного типа с многочастотной сигнализацией «импульсный челнок», в состав оборудования индексной ступени вводятся два ТЭЗ (типовой элемент замены) многочастотных приемников – МЧП 1 и МЧП 2.

В зависимости от величины абонентской емкости может использоваться две архитектуры для построения АТС: одномодульная и многомодульная.

Одномодульная архитектура (рис. 6.26) используется, как правило, для построения АТС малой емкости (до 720 АЛ) и содержит только один модуль (блок индексного процессора) со 100% горячим резервом, обслуживающий 32 ствола (1024 точки коммутации). Часть стволов (до 24) может использоваться для обслуживания абонентских линий (до 6 блоков БАЛ), оставшиеся 8 стволов могут быть использованы в разной пропорции для обслуживания соединительных линий для связи с вышестоящими АТС и подключения частотных приемников МСП, необходимых для поддержки частотных способов сигнализации по СЛ и частотного набора номера по АЛ. База акустических сигналов, необходимых для обмена по СЛ и АЛ формируется специальным генератором – ТЭЗом АКС в виде ствола акустики. Ствол акустики подключается к специальному входу модуля и не занимает общее коммутационное поле. Техническая эксплуатация обеспечивается КТЭ и ПЭВМ.

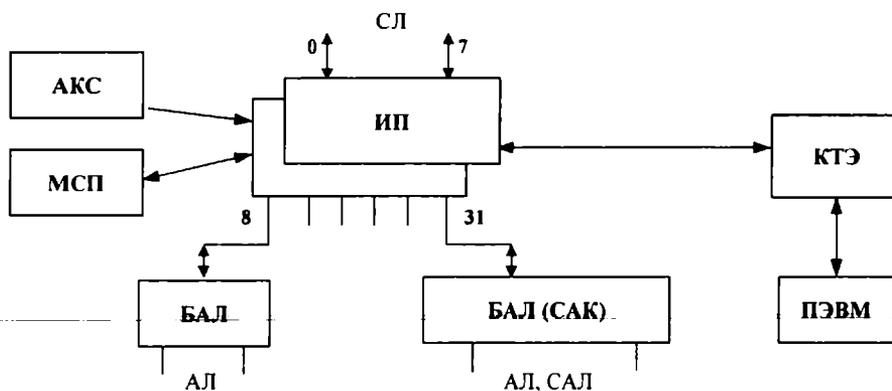


Рис. 6.26. Функциональная схема одномодульной АТС F50/1000

При использовании АТС емкостью более 720 АЛ применяется многомодульная архитектура в соответствии с рис. 6.27. В этом случае вводятся две ступени коммутации: индексная на 32 ствола со 100% горячим резервом и модульная на 16 стволов (512 точек коммутации) без резервирования. Основное назначение индексной ступени – перекодировка типов сигнализации под протокол обмена с вышестоящей АТС и организация межмодульного обмена. Частотные приемники в необходимом количестве в зависимости от нагрузки подключаются к индексной ступени. Модульная ступень предназначена для первичной концентрации абонентской нагрузки и имеет две конфигурации 12:4 и 14:2. При конфигурации с концентрацией 12:4 из 16 стволов модуля 12 обслуживают АЛ и подключаются к БАЛ (САК), а оставшиеся 4 ствола подключаются к индексной ступени для обеспечения возможности межмодульной связи и выхода на городские СЛ через индексную ступень. При концентрации 14:2 стволы модуля распределяются аналогично, только в соотношении 14:2. Ствол акустики в многомодульной схеме подключается ко всем индексным и модульным коммутаторам и не занимает общее коммутационное поле. Конструктивно многомодульная архитектура реализуется в нескольких отдельных кассетах, которые позволяют с использованием смесительных схем индексной ступени строить АТС емкостью до 8160 абонентских линий.

Связь между процессорами всех блоков АТС осуществляется по шине межпроцессорного обмена.

Генераторное оборудование F50/1000 (станционный генератор и блок синхросигналов) является общим для всех ресурсов станции, поэтому блоки АТС синхронизированы по час-

тоте и фазе, что так же является отличительной особенностью станции. Предусмотрены два режима работы – «ведущий» и «ведомый». При этом оборудование для индексной ступени коммутации имеет полный резерв.

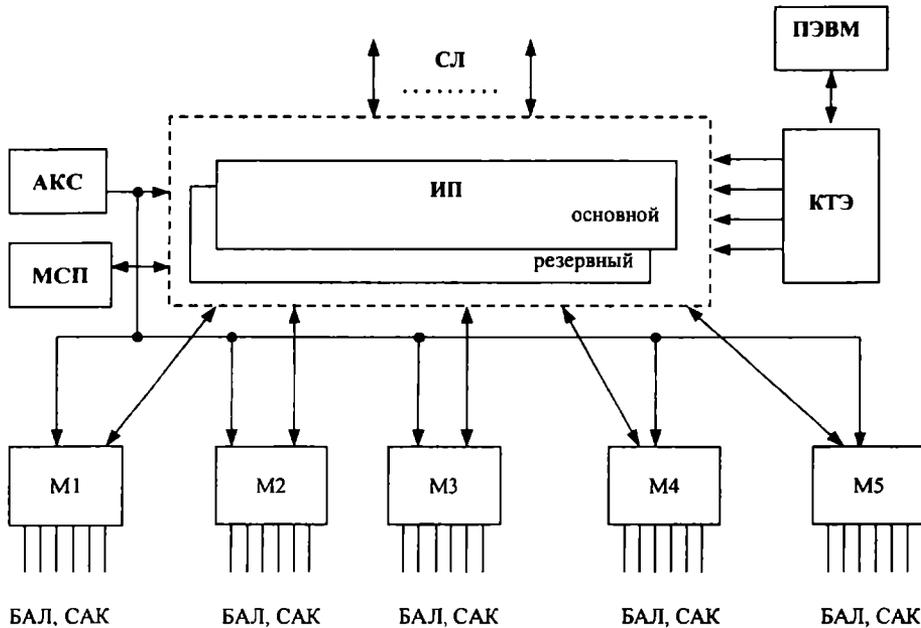


Рис. 6.27. Функциональная схема многомодульной АТС F50/1000

Программное обеспечение

Программное обеспечение цифровой АТС F50/1000 обеспечивает режим обслуживания вызова, управления работой АТС, диагностику состояния оборудования.

Программное обеспечение подразделяется на тестовое (ТПО) и версионное. ТПО используется на стадии промышленной отладки образца и проверяет функционирование центральных блоков коммутационной системы.

Рабочая версия ПО состоит из 3-х основных частей – модульной и индексной сканирующих программ, диагностической программы (обменной версии ПТЭ). Все программы зашиты в ПЗУ (постоянном запоминающем устройстве), которые устанавливаются в соответствующие центральные устройства. Общим для программ сканирования модульной и индексной ступени является то, что обработка ведется поствольно.

Сканирующие программы поддерживают межпроцессорный обмен, позволяют осуществить управление коммутационным полем, производят обработку линейной и абонентской сигнализации. Характеристика и тип сигнализации каждого коммутационного порта сведены в таблицу полупеременных данных, хранящихся в памяти ПЭВМ.

В случае полного отключения станции и последующего ее включения конфигурация и полупеременные данные могут быть полностью восстановлены оператором путем простой «подгрузки» файлов. Время включения или полного рестарта операционной системы составляет несколько секунд.

Диагностические программы контролируют состояние оборудования с выдачей аварийных сообщений. Сервисные и тестовые программы прикладного ПО обеспечивают связь пульта оператора (ПЭВМ) с АТС и позволяют ему производить контроль функционирования выбранных блоков АТС, сбор и анализ диагностической и статистической информации, тарификацию, а также производить изменение конфигурации системы.

Для проведения ремонта и сервисного обслуживания совместно со станцией может поставляться тестовая система «Карат», представляющая собой стендовое оборудование, предназначенное для автоматической оценки качества функционирования, определения ошибок, локализации неисправных комплектующих цифровых, аналоговых и гибридных электронных плат (ТЭЗ).

6.6. Цифровые учрежденческие АТС

Применение мощных цифровых АТС большой емкости экономически оправдано при использовании их на крупных телефонных сетях. Однако их возможности, качество работы и широкий спектр дополнительных услуг являются привлекательными также для организаций и предприятий, имеющих собственные (ведомственные) телефонные сети. Емкость таких сетей может составлять от 100 до 5000 абонентов и наращиваться постепенно. Рынок потребителей такого оборудования очень велик, поэтому неудивительно, что все ведущие производители коммутационной техники наладили выпуск учрежденческих производственных АТС (УПАТС), которые являются по сути дела упрощенными вариантами их основных разработок. Это отчетливо видно при сравнении, например, цифровых АТС EWSD (рис. 6.1-6.3) и Nicom 300 (рис. 6.28), выпускаемых компанией Siemens.

Интерес ведущих компаний к УПАТС объясняется еще и тем, что на их основе можно строить полностью цифровые сети (хоть и небольшого размера и с использованием, в основном, собственных протоколов взаимодействия цифрового оборудования внутри сети), предоставлять максимальное количество дополнительных возможностей обслуживания (ДВО) абонентам УПАТС, а также смело экспериментировать с внедрением в телефонную систему новых технологий – коммутации пакетов, трафика ЛВС и т.д.

Практически все цифровые УПАТС имеют следующие особенности:

- подключение аналоговых, цифровых, ISDN абонентов;
- применение процессоров общего назначения (а не специализированных);
- возможность подключения систем мобильной связи;
- подключение ЛВС;
- голосовая почта;
- предоставление широкого набора ДВО.

Дополнительные возможности обслуживания являются наиболее часто используемым сервисом речевой связи. Укажем наиболее интересные из них:

- *переадресация вызова* позволяет перенаправлять все входящие вызовы на альтернативный номер;
- *наведение справки без разрыва основного разговора* (режим консультации). Абонент переводит своего собеседника в режим удержания (HOLD) и набирает номер дополнительного абонента. В процессе разговора абонент может попеременно беседовать с основным и дополнительным абонентами или организовать трехстороннюю конференцсвязь;

- *организация конференцсвязи* 3-8 абонентов. В рамках этой услуги при ведении обычного разговора каждый абонент способен подключить к разговору дополнительного участника. При отключении любого участника конференции связь между двумя другими абонентами сохраняется;
- *обратный вызов*. Если вызываемый абонент занят или отсутствует, то после завершения предыдущего соединения (для занятого абонента) или после первого снятия трубки (для отсутствующего абонента) будет установлено соединение со звонившим абонентом;
- *второй звонок*. Данная услуга позволяет абоненту получать дополнительные вызовы (и отвечать на них) при уже установленном соединении;
- *сокращенный набор номера* из общего или индивидуальных списков. Применяется для набора часто используемых и «длинных» номеров;
- *перехват вызова в группе*. Абонент данной группы способен принять вызов, предназначенный любому другому абоненту группы;
- *переадресация в группе поиска*. При отсутствии вызываемого абонента вызов автоматически переходит к следующему абоненту группы. Вызов передается между членами группы или линейно. В последнем случае в конце цепочки абонентов может стоять автоответчик;
- *шеф-секретарская группа*. Абоненты данной группы имеют возможность воспользоваться целым рядом дополнительных функций, специально разработанных для совместной эффективной работы руководителя и его секретаря.

Рассмотрим характеристики наиболее распространенных на сетях СНГ УПАТС.

Цифровые учрежденческие АТС фирмы Siemens

Среди УПАТС фирмы Siemens можно выделить станции *Nicom* серии 300. Модульное решение построения этих станций дает возможность постепенного наращивания мощности – от тридцати до десятков тысяч портов. Данная станция основана на технологии работы без блокировок. Даже при очень большом числе абонентов все они могут говорить одновременно. Каждая точка в коммуникационном поле сети, объединенной АТС *Nicom-300*, может соединиться с любой другой точкой, т.е. станция «прозрачна» для любых абонентов, подключенных к ней. *Nicom-300* позволяет создать в пределах предприятия высокоорганизованную телефонную «паутину», в которой связь между двумя абонентами может быть установлена десятками и сотнями путей. Функциональная схема УПАТС *Nicom-300* приведена на рис. 6.28.

Как следует из рисунка, УПАТС содержит в своем составе:

- коммутационный модуль SWU включающий коммутационное поле SN линейные модули LTU, модуль командного процессора CC.
- административный сервер управления ADS, содержащий общее ПО и отвечающий за конфигурирование системы.

Модули LTU включают линейные комплекты аналоговых (SLMA), цифровых (SLMB) абонентских линий, соединительных линий STMD, DUIC и др.

Nicom-300 предлагает все, что нужно для групповой работы. Групповая работа – это непрерывное взаимодействие членов рабочей группы, вне зависимости от того, какое расстояние их разделяет. Члены рабочей группы могут параллельно пользоваться документами, участвовать в телеконференциях. Руководитель предприятия имеет возможность в любой момент собрать на совещание тех людей, которые ему необходимы. *Nicom-300* позволяет пользоваться всеми ресурсами, всеми возможностями речевой, факсимильной и цифровой связи.

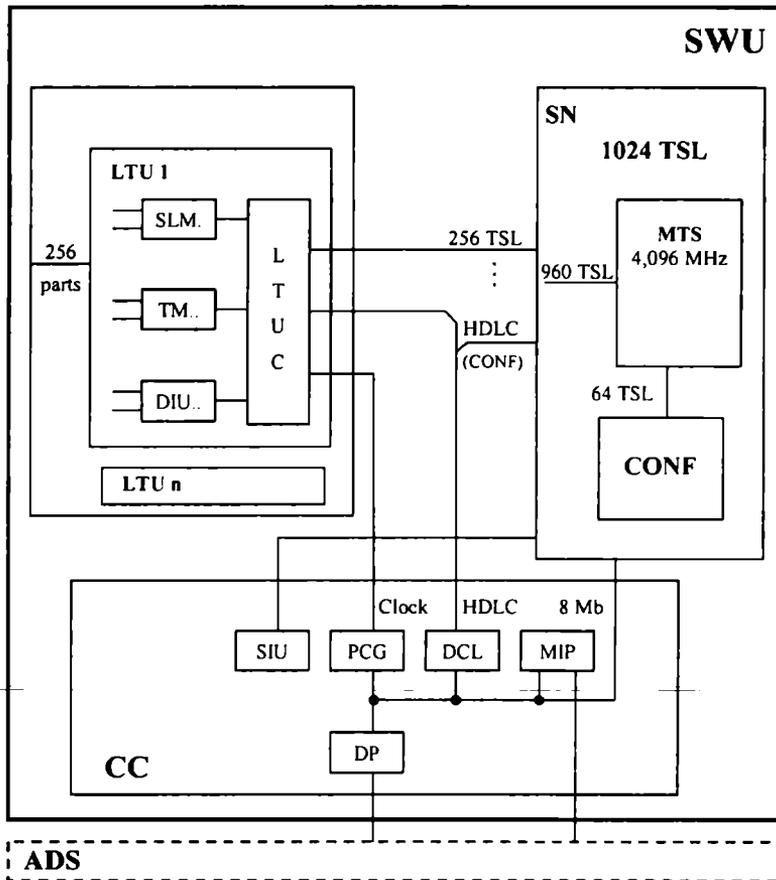


Рис. 6.28. Функциональная схема УПАТС Nicom 340

MTS – коммутационный блок, CONF – блок конференцсвязи, LTUC – интерфейс линейного модуля, DP – процессор, SIU – блок сигнализации, PCG – блок периферийного процессора, DCL – интерфейс шины данных, MIP – динамическая память

Более полным сервисом АТС Nicom-300 обеспечит абонентов интегральных (цифровых) коммуникационных устройств. «Интегральные коммуникационные устройства» – это не только цифровые телефонные аппараты фирмы Siemens. К телефонной сети на базе Nicom-300 можно подключать любые коммуникационные устройства, отвечающие определенным стандартам, в том числе – персональные компьютеры. Рабочей паре абонент – компьютер доступен весь спектр услуг УПАТС. Система Nicom-300 объединит компьютеры, терминалы, главные ЭВМ, принтеры и другие вычислительные устройства предприятия в компьютерную сеть. Благодаря применению протокола CorNet-T и интегральной связи компьютеры смогут использовать возможности передачи речи и данных. Nicom-300 может устанавливать соединения через ЭВМ, при этом компьютер осуществляет поиск и набор номера, дозвон и обзвон клиентов, определяя номер вызывающего абонента.

Система речевой почты VMS в Nicom-300 может работать и как автоответчик, и как электронный секретарь. Ответив на звонок, система речевой почты может распознать дополнительный сигнал бипера или тонального набора, после чего зачитает абоненту предна-

значенные для него сообщения и позволит ему оставить собственные комментарии – иными словами, «впустить» в его личный «почтовый ящик».

Из других особенностей Nicom-300 следует упомянуть гибкую систему тарификации телефонных переговоров. Система расчета тарифной платы за разговоры позволяет определять и регистрировать расходы предприятия на услуги связи. Она рассчитывает затраты на все услуги связи для одной организационной структуры (также в масштабах всей сети). Система тарификации Nicom-300 может также служить способом оценки оптимальности использования сети. Она устанавливает степень загрузки различных участков сети, после чего выдает рекомендации по мерам реорганизации абонентских групп и коммуникационных линий для улучшения использования сети.

Система Nicom-300 рассчитана на емкость от 30 до 20480 портов и создание на ее базе учрежденческих сетей емкостью более 100 000 портов. Станции Nicom-300 выпускаются в 10 конструктивных модификациях. Все варианты станций Nicom-300 обладают одинаковыми функциональными возможностями, поддерживают в полной мере службы и функции ISDN и позволяют создавать системы связи различной сложности. Различные модификации системы Nicom-300, приведены в табл. 6.4.

Таблица 6.4. Модификации системы Nicom-300

Модель	Минимальная емкость, портов	Максимальная емкость, портов	Статистическая нагрузка, Эрл
Nicom-323	24	64	
Nicom-333	24	128	
Nicom-343	32	256	256
Nicom-353	96	384	512
Nicom-342	32	256	256
Nicom-352	96	384	512
Nicom-362	96	512	512
Nicom-372	256	1024	896
Nicom-382	512	2048	1792
Nicom-392	1024	20480	14527

В дополнение к высокоэффективному фирменному протоколу CorNet-T система поддерживает все наиболее распространенные стандартизированные протоколы/варианты сигнализации: Q-SIG, E&M, WTK, CAS, MFC, E-DSS1, ITR6.

Цифровые УПАТС фирмы Alcatel

Цифровая УПАТС Alcatel 4400 – многофункциональная, мультимедийная система связи (одновременная передача данных, речи и видеозображений), использующая широкополосную технологию (это уже не просто цифровая станция, а многофункциональная ISDN PBX) и открытую программную структуру, разработанную для различных областей бизнеса (отеля, госпиталя и др.). Станция построена по принципу распределенной архитектуры с использованием программного уровня Chorus, являющегося микроядром UNIX, который работает в масштабе реального времени. АТС (Alcatel Crystal Technology) архитектура делает систему легко адаптируемой и позволяет использовать неограниченный потенциал новых технологий средств коммуникаций.

Alcatel 4400 цифровая учрежденческая АТС, емкостью от 6 внешних и 16 внутренних линий до 210 внешних и 810 внутренних линий (1 блок). Объединение коммутационных узлов в сеть позволяет расширить емкость до 32000 линий в сетевой архитектуре. Базовая

конфигурация: системный блок на 16 цифровых и 12 аналоговых линий со встроенным источником питания и кроссировочной гребенкой.

Функциональные возможности станции: поддерживает линии типа E1, PRA, BRA, ИКМ-30, 2-проводные городские линии, трехпроводные СЛ, 2- и 4-проводные E&M; оборудована специальным оптическим стыком для подключения напрямую оптоволоконного кабеля; канал цифровой линии 3В+D (256 Кбит/с) позволяет подсоединить через адаптер видеотелефон, компьютер, факс, получить второй виртуальный номер; телефонный трафик до 1 Эрланга на порт (т. е. у внутренней связи нет ограничения по количеству соединений и звонков); до трех независимых конференц-связей на 29 абонентов каждая; аппаратура определения номера (АОН) на внешние и внутренние линии; звуковое меню выбора функции; музыкальная заставка в режиме удержания внешнего/внутреннего звонка.

Телефонное программное обеспечение позволяет: регулировать телефонные звонки и передачу данных; управлять терминалами, соединениями, ресурсами и дополнительными устройствами, группами абонентов и линий; обслуживать телефонное оборудование; предоставлять базовую информацию для программ учета стоимости; вести диалог с другими пользовательскими программами.

Системы Alcatel 4400 создают основу для интеграции в УПАТС функций маршрутизатора, шлюза, мультиплексора и других элементов сети передачи данных. В сочетании с имеющимися в Alcatel 4400 средствами формирования интерфейсов Ethernet, Token Ring, а также интерфейсов X.25, такая интеграция функций позволяет строить на базе Alcatel 4400 сети, ресурсы которых динамично распределяются между телефонной системой и компьютерной системой обработки и передачи данных.

Наряду с Alcatel 4400 фирма выпускает ряд модификаций, реализующих дополнительные функции:

- Alcatel 4610 – речевая почта с автоматическим меню емкостью до 20 минут;
- Alcatel 4620 – речевая почта емкостью до 10 часов и до 1000 пользователей;
- Alcatel 4630 – сервер речевой и факс-почты с возможностью записи разговоров (емкость до 28 часов, число пользователей – до 1000), встроенное автоматическое меню, пейджинг, мини-сотовая связь DECT (встроенная и выносная);
- Alcatel 4740; встроенная система учета стоимости и тарификации;
- Alcatel 4715 – программное обеспечение учета стоимости; обзор и учет трафика нагрузки;
- Alcatel 4855 – электронная почта и факс-сервер.

Профессиональные услуги системы: система равномерного распределения нагрузки операторов; программное обеспечение в режиме «гостиница» и «больница».

Сетевой сервис: программное обеспечение «центр – периферия»; QSIG, DPNSS, использование собственного протокола ABC F2; протоколы поперечных связей; резервирование управляющих процессоров.

Услуги компьютерной связи: цифровой тракт 3В+D по абонентской линии; объединение устройств в сеть с единой системой управления; коммутация каналов; пакетная коммутация в D канале.

Цифровая УПАТС фирмы Ericsson

Ericsson Consono MD110, цифровая учрежденческая АТС емкостью до 31 000 портов (до 26 тысяч абонентов) при любом соотношении внешних и внутренних линий.

В основе конструкции учрежденческой АТС MD 110 заложен принцип модульно-независимого построения системы, что позволяет создать территориально-распределенную сеть из многих физически разнесенных узлов в рамках единой станции. Такое построение

обеспечивает прозрачность и доступность всех услуг, не ограниченную использованием внешних протоколов. Каждый модуль АТС имеет процессор, коммутационное поле, питание и работает как независимая станция при коммутации вызовов, не требующих соединения с другими узлами, являясь частью всей станции, что приводит к уменьшению числа транзитов и повышает производительность и функциональные возможности MD 110.

Отличительной особенностью станции является возможность компрессии голоса, что весьма актуально для наиболее рационального использования голосовых линий, так как за счет 4-кратного сжатия информации уменьшается количество задействованных в передаче голосовых каналов. (Такая связь может быть реализована только между АТС фирмы Ericsson, либо между станциями, оснащенными такими же системами.)

Функциональные возможности MD110:

- максимальное количество абонентов в одной системе – 26 000;
- компрессия голоса (по заказу) – сжатие в 4 раза информации, передаваемой по линиям;
- максимальное количество подключаемых беспроводных телефонов – 10 000;
- роуминг беспроводных абонентов между различными офисами; возможность выноса цифровых абонентов и абонентов ISDN;
- поддерживаемые интерфейсы ISDN: S/T(BRI) – абонентские интерфейсы, PRI – межстанционный интерфейс.

Сетевые возможности:

- неограниченное число узлов в сети;
- поддержка стандартных протоколов/сигнализации сети общего пользования (E-DSS1, R2D, различные виды E&M);
- поддержка протоколов/сигнализации, специфичных для сети общего пользования (3-проводные физические линии, 2BCK (цифровой R1.5), входящий АОН); поддержка стандартных протоколов/сигнализации корпоративных сетей (Q-SIG, R2D, различные виды E&M); ручной коммутатор M60; интерфейсы ISDN – BRI, PRI; функция DISA;
- переадресация вызова на внешний номер по линии R1.5);
- единый план нумерации – возможность введения единой нумерации в распределенной структуре (например, во всех офисах фирмы, независимо от марок и моделей используемых АТС, будут присвоены 3-, 4- или 5-значные номера);
- прозрачность услуг – доступность сервиса для каждого абонента сети;
- оптимизация маршрута прохождения вызовов;
- централизованный оператор;
- сетевая функция ACD – возможность построения центра распределенных вызовов по всей сети Call Center; реализация функций транзитно-оконечной АТС.

Возможности передачи данных: одновременная передача речи и данных; интерфейсы локальных вычислительных сетей – Ethernet (10BaseT, 10Base2), Token Ring; протоколы ЛВС – TCP/IP, IPX, DECnet и др.; интерфейсы глобальных сетей (WAN) – V.24/V.28, X.21/V.11, V.24/V.35, V.24/V.36, ISDN, BRI, G.703; протоколы глобальных сетей (WAN) – X.25/X.75/X.75E, X.3/X.28/X.29, SNA/SDLC, Frame Relay, TELNET, ATM, ISDN; интерфейсы для приложений СТИ (Computer Telephony Integration).

Цифровые УПАТС фирмы NEC

Компания NEC предлагает на рынке учрежденческие АТС NEAX7400 ICS. Выпускаются три модификации станции: модель 140 MMX: до 1536 портов; модель 160 MMX: до 6144 портов; модель 180 MMX: до 24576 портов.

УАТС NEAX7400 использует самые последние достижения в офисных телекоммуникационных технологиях:

- концепцию сетевой сигнализации управления вызовами FCCS. Эта технология обеспечивает гибкий единый нумерационный план и позволяет использовать единые функции управления во всей сети. Обмен данными FCCS при этом происходит посредством IP-соединений;
- средства беспроводной связи;
- использование для создания единых корпоративных сетей общеканальной сигнализации CCIS, обеспечивающей гибкий набор функций и возможность централизованного управления;
- доступ к сетям ISDN;
- применение системы автоматического распределения вызовов;
- поддержка большинства систем голосовой почты;
- интеграцию различных кабельных систем.

Основные технические характеристики учрежденческих АТС NEAX7400 ICS приведены в табл. 6.5.

Таблица 6.5. Модификации системы NEAX 7400

Параметр	Модель 140X	Модель 160X	Модель 180X
Емкость системы (портов)	1536	6144	24576
Количество вызовов в ЧНН	32000	32000	128000
Сопrotивление шлейфа: АЛ/СЛ	1800/2300 Ом		
Питание	– 48 В		

Цифровые УПАТС фирмы Nortel Networks

Цифровая УПАТС Meridian 1, производства Nortel Networks, является одной из наиболее распространенных УПАТС с установленной базой свыше 100 тысяч систем с 25 млн. линий в более чем 90 странах мира. УПАТС Meridian 1 использует единую элементную базу и предоставляет интегрированное и универсальное решение для абонентов, отвечая техническим требованиям сопряжения с телекоммуникационными сетями в странах установки. Все модели семейства являются полностью цифровыми УПАТС с набором аппаратных и программных средств, позволяющих решать наиболее сложные телекоммуникационные задачи. Оборудование и математическое обеспечение построены по модульному принципу и позволяют последующее развитие с использованием уже установленных средств.

Основными элементами системы являются: центральный процессор (который в старших моделях может быть дублирован), коммутационная сеть и периферийное сопрягающее оборудование. Каждый из этих элементов может быть модернизирован независимо, по мере развития технологии, что является основным преимуществом системы Meridian 1: она может постоянно развиваться и совершенствоваться без существенных добавочных капитальных затрат.

Архитектура станции построена на четырех взаимосвязанных модулях: управляющем, коммутационном, сетевом и модуле периферийного оборудования. Управляющий модуль включает в себя процессор (Motorola 68040) и поле памяти. Он обеспечивает управление и контроль над функционированием всей станции и может быть полностью продублирован для обеспечения 100%-ной отказоустойчивости. Коммутационный модуль – это поле коммутации. Основой этого модуля служит карта Super Loop, способная одновременно обслуживать 120 абонентов. В зависимости от необходимого фактора блокировки к каждой карте Super Loop можно подключить от 4-х (полностью не блокируемая группа) до 32-х карт пе-

риферийного оборудования (для систем с малой нагрузкой). Такое построение коммутационного поля позволяет распределять нагрузку между различными периферийными картами. Сетевой модуль содержит платы внешних соединительных потоков, обеспечивающих построение сетей (PRI, CDTI). Универсальные модули периферийного оборудования (UEM) предназначены для размещения универсальных интерфейсных карт (внутренних абонентов, аналоговых соединительных линий, терминалов передачи данных, устройств оповещения и т.п.), а также для размещения дополнительных расширений, например голосовой почты. Система контроля работоспособности станции постоянно осуществляет диагностику всего установленного оборудования и выдает информацию обо всех сбоях на консоль инженера. Кроме передачи речевой информации АТС можно использовать для обмена данными. Каждый физический цифровой порт станции содержит два независимых логических информационных канала по 64 Кбит/с каждый. Один из них служит для передачи голоса, а второй – для данных. Система поддерживает следующие цифровые протоколы передачи данных: RS-232, RS-422, V.35, ISDN (2B+D) BRI. С помощью соответствующего оборудования возможна передача данных по протоколам Ethernet, Token Ring, X.25, Frame Relay, ATM и др.

По архитектуре построения станция Meridian базируется на потоке 2 Мбит/с между каждой платой и процессором. Максимальная загрузка УПАТС зависит от загрузки плат, то есть зависит только от производительности процессора. У станции может произойти перегрузка на отдельной плате (если абоненты, подключенные к ней, много говорят), хотя общая загрузка процессора будет невелика. Процессор УПАТС может перегрузиться только при достижении полной загрузки станции, что бывает крайне редко и всегда существует возможность вовремя это предотвратить. Перегрузка отдельной платы всегда неожиданна и не поддается прогнозированию.

УПАТС Meridian программируется в терминале на языке низкого уровня типа Assembler. Это позволяет гибко менять функции станции, что в конечном итоге позволяет более удобно запрограммировать телефоны. Технические данные станций семейства Meridian I приведены в табл. 6.6.

Таблица 6.6. Модификации системы Meridean I

Параметр	Option 11C	Option 51C	Option 61C	Option 71/81
Емкость системы (портов)	480	1000	2000	10000
Количество вызовов в ЧНН	12000	50000	50000	110000
Резервирование				+
Статистическая нагрузка	До 1 Эрл /абонентскую линию			
Объем ОЗУ, Мбайт	48	48	48	64/96
Встроенная вентиляция		+	+	+
Потребляемая мощность, Вт: аналоговый/цифровой порт	1/1,5			
Питание	– 48 В или ~ 110/220 В			

Цифровые УПАТС фирмы «Информтехника и Связь»

Компания «Информтехника и Связь» (Россия) поставляет на рынок цифровые УПАТС «МиниКом-DX-500» – одну из лучших российских разработок. Она предназначена для работы на ведомственных сетях и учитывает особенности отечественных сетей связи. Поддерживая специфические ведомственные сигнализации, в том числе и интерфейсы для подключения к каналам ТЧ, станция работает в качестве оконечной, транзитной, транзитно-оконечной. Она взаимодействует с аналоговым и с цифровым окружением.

Цифровая система «МиниКом DX-500» обеспечивает полный набор услуг современной телекоммуникационной системы, в том числе поддерживает процедуры определения номера вызывающего абонента (АОН), имеет интерфейс для подключения телефонного аппарата системы МБ, оснащена интерфейсом E&M, поддерживает услуги конференцсвязи на 64 абонента, дает возможность записи разговора на магнитофон, подключается к транковым радиосистемам по стыку E1 и аналоговым 2-проводным линиям, позволяет строить полноценные ISDN-сети (поддерживает протоколы E-DSS1; QSIG) с предоставлением пользователям всех дополнительных сервисных услуг, поддерживает ОКС № 7, реализует функции COPM, система распределения вызовов позволяет создать многофункциональный центр обслуживания абонентов (Call Center), реализует функции голосовой почты, интегрированный в станцию пульт диспетчерской связи может быть использован в качестве бесшнурового коммутатора дальней связи с общей емкостью до 180 портов, встроенный в станцию модуль беспроводных абонентов стандарта DECT дает возможность организации создать на своем предприятии систему микросотовой связи емкостью от 50 до 1800 абонентов.

Общая емкость станции – до 4096 портов.

Высокая надежность станции достигается распределенной системой управления, 100% резервированием центрального коммутирующего устройства, дублированием системы синхронизации, решением ОВСИ (партнер), децентрализованной системой электропитания.

Система оперативно-диспетчерской связи реализуется на базе системы «МиниКом DX-500» и сочетает в себе традиционно российские принципы организации оперативной связи с решениями на основе цифровой обработки сигнала и коммутации каналов.

Основные функциональные возможности системы:

- постоянная доступность пульта оператора для входящих звонков;
- определение оператором очередности обслуживания вызовов;
- вызов абонента нажатием именной клавиши;
- вызов групп директивной конференции (до 5 групп в кластере, до 25 человек в группе);
- обратный вызов;
- подключение устройства записи телефонных переговоров;
- параллельная работа нескольких пультов;
- принудительное освобождение диспетчером линии связи;
- ведение нескольких независимых разговоров, их переключение и объединение;
- создание любого количества транзитных соединений;
- вмешательство в разговор абонентов более низкого приоритета;
- оповещение по громкоговорящей связи;
- конференция до 64 абонентов;
- работа с телефонной гарнитурой;
- использование мобильной телефонной трубки параллельно с пультом.

Всего в составе одной станции «МиниКом DX-500» возможно использование до 128 пультов оперативно-диспетчерской связи.

И в заключение этого раздела отметим, что общие функциональные возможности цифровых УПАТС ведущих фирм практически одинаковые, поэтому для клиента сделать выбор в пользу какой-то конкретной станции очень трудно. Единственным критерием выбора, по мнению авторов, может явиться стык УПАТС с телефонной сетью общего пользования, который будет определяться типом опорной станции и типом используемых СЛ.

Глава 7

Синхронизация и сигнализация в цифровых АТС

7.1. Принципы сигнализации в цифровых АТС

Процессы сигнализации и синхронизации в цифровых АТС в принципе не относятся напрямую к теме данной книги – синхронной цифровой коммутации. Однако эти принципы важны в контексте функционирования цифровой АТС в *сети связи*. Поэтому краткое изложение этого материала здесь продиктовано стремлением авторов создать законченную картину функционирования цифровых АТС (рис. 7.1).

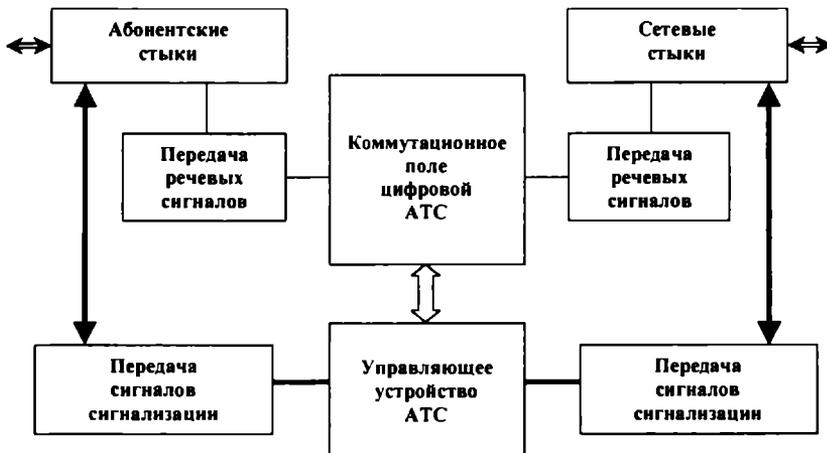


Рис. 7.1. Прохождение речевых сигналов и сигналов сигнализации в цифровой АТС:
——— речевые сигналы, ————— сигнализация

Вопросы сигнализации в цифровых АТС часто рассматриваются совместно с вопросами стыков (интерфейсов) и в настоящее время широко представлены в литературе. Здесь будут рассмотрены принципы сигнализации в цифровых АТС.

Сигнализация определяется МСЭ как обмен информацией (отличной от речевой информации), относящейся к установлению, освобождению и другим действиям по управлению соединениями, а также к управлению сетью электросвязи при автоматическом способе установления соединения.

Абстрактно сигнализацию можно рассматривать как *язык*, который позволяет взаимодействовать связанному оборудованию с целью установления, поддержания и разрушения соединения. Подобно любому другому языку, система сигнализации содержит *словарь*, т.е. список сигналов, *синтаксис* в форме множества правил управления ансамблями этих сигналов и *семантику*, определяющую смысл проводимых с сигналами сигнализации операций.

Сигнализацию можно разделить на три вида: на сигнализацию «пользователь-сеть», сетевую сигнализацию и сигнализацию «пользователь-пользователь» (рис. 7.2).

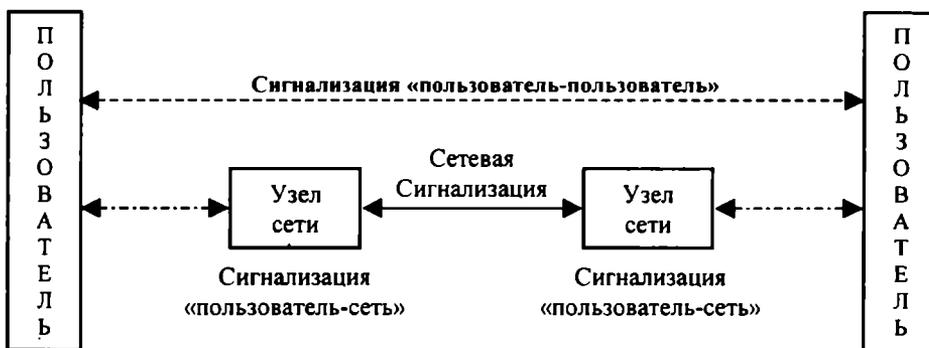


Рис. 7.2. Общая классификация сигнализации на сети

Сигнализация «пользователь-сеть» обеспечивает пользователя языком для «разговора» с сетью с целью установления соединения с другим пользователем. Данная сигнализация является единственной «видимой» для пользователя сигнализацией.

Сетевая сигнализация используется между узлами сети для передачи информации, необходимой для установления и управления соединением, включая поиск местонахождения узлов и распределение ресурсов сети.

Наконец, *сигнализация «пользователь-пользователь»* позволяет согласовывать и осуществлять работу терминалов пользователя (если это требуется). Ярким примером сигнализации такого рода является сигнализация факсимильных аппаратов, осуществляемая уже после того, когда между факсами установлено соединение.

Выше, при определении сигнализации, упоминались *сигналы сигнализации*. Эти сигналы рассматриваются как переносчики информации, относящейся к определенному каналу, определенному входному сообщению или к процедуре управления сетью.

Практически сигнализация на сети организуется в виде *системы сигнализации* – строго заданной процедуры интерпретации и использования предопределенного набора сигналов сигнализации, а также технического и (или) программного обеспечения, необходимого для генерирования, передачи и приема этих сигналов.

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

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

Классификация основных систем сигнализации по способу выделения канала для передачи сигналов сигнализации показана на рис. 7.3.

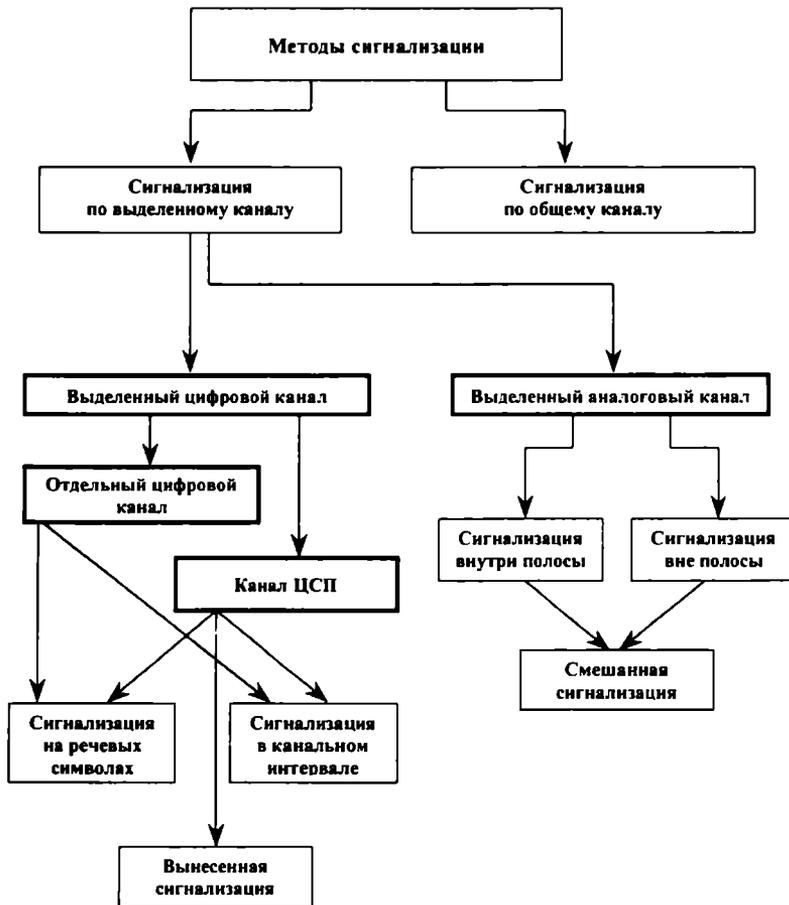


Рис. 7.3. Классификация систем сигнализаций по способу выделения канала для сигналов сигнализации

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.

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 времяразделенных 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 (рис. 7.4);
- сигнализация в канальном интервале, при которой информация сигнализации постоянно передается в тактовом интервале, находящемся в канальном интервале (рис. 7.5).

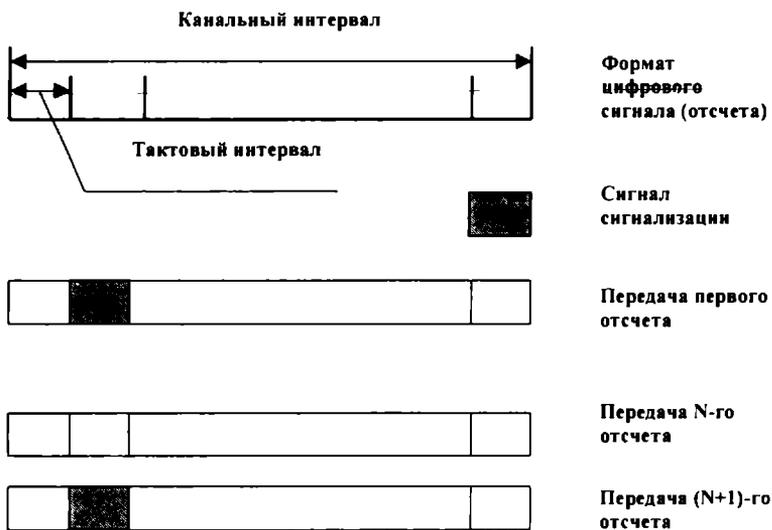


Рис. 7.4. Сигнализация на речевых символах

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

- сигнализация на речевых символах для одного канала совпадает с вышеописанной, однако поскольку в цикле таких каналов N , то требуются специальные соглашения по сверхциклу. Примером может служить 24-канальная ЦСП, используемая в США (табл. 7.1);

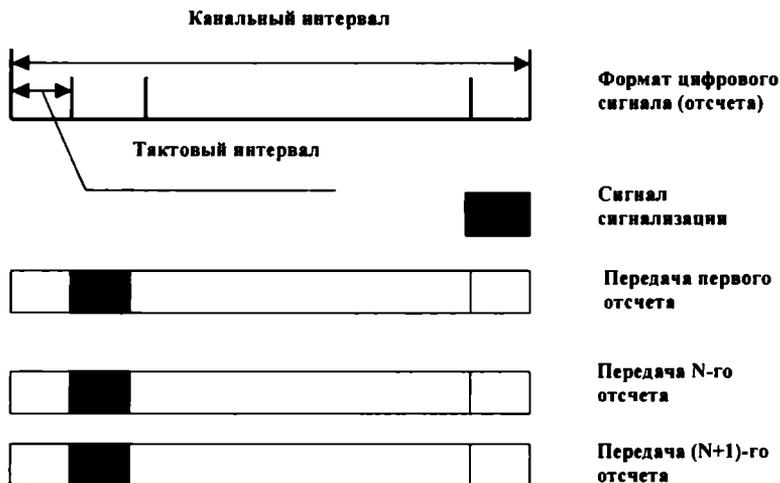


Рис. 7.5. Сигнализация в канальном интервале

Таблица 7.1. Формат суперцикла DS1 (ИКМ-24)

Номер цикла	Биты сигнализации			Биты речи	Бит сигнализации	Канал сигнализации
	Номер бита	Бит синхронизации цикла F_1	Бит цикла сигнализации F_S			
1	0	1	–	1-8	–	
2	193	–	0	1-8	–	
3	386	0	–	1-8	–	
4	579	–	0	1-8	–	
5	772	1	–	1-8	–	
6	965	–	1	1-7	8	А
7	1158	0	–	1-8	–	
8	1351	–	1	1-8	–	
9	1544	1	–	1-8	–	
10	1737	–	1	1-8	–	
11	1930	0	–	1-8	–	
12	2123	–	0	1-8	8	В

- 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. Для предоставления каждому речевому каналу своего подканала в выделенном сигнальном канале требуются специальные соглашения о сверхциклах.

Примером может служить европейская 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. глава 1, рис. 1.10).

Наиболее часто используемые на сетях связи СНГ типы сигнализации приведены в приложении 2.

Сигнализация по общему каналу

Общеканальная сигнализация (ОКС) является методом сигнализации, в котором один канал путем адресации сообщений (или пакетов) передает информацию, относящуюся, например, к множеству других каналов, или другую информацию, которая используется для управления сетью.

Сеть, реализующая ОКС, является сетью коммутации и передачи пакетов/сообщений, которая специализирована для различных типов сигнализации и передачи информации между процессорами в сетях связи.

В настоящее время на цифровых сетях связи общего пользования общепринятой ОКС является рекомендованная МСЭ система сигнализации №7.

Цифровая система сигнализации №6 МККТТ, предложенная ранее, не получила широкого распространения, в основном, по двум причинам:

- во-первых, структура ОКС №6 не соответствовала принятой модели взаимодействия открытых систем (ВОС) – OSI, положенной в основу построения большинства телекоммуникационных систем;
- во-вторых, расчеты (и практика) показали, что время запаздывания сигнальных сообщений превышает допустимую величину, что приводит к сбоям в работе оборудования.

Основным назначением ОКС №7 является обеспечение стандартизированной на международном уровне системы ОКС общего применения. ОКС №7 является оптимизированной для работы в цифровых сетях связи в сочетании со станциями, управляемыми по записанной программе.

ОКС №7 рассчитана на применение в международных и национальных сетях.

Система сигнализации ОКС №7 отвечает требованиям сигнализации при установлении соединения для таких служб как телефония и передача данных. Она может также использоваться как надежная транспортная система для других типов передачи информации между станциями и специализированными центрами в сетях связи (например, для нужд управления и техобслуживания).

ОКС №7 оптимизирована для работы по цифровым каналам, работающим со скоростью 64 Кбит/с. Она пригодна также для работы по аналоговым каналам, а также для цифровых каналов с низкими скоростями передачи информации.

Полное описание ОКС №7 можно найти в специальной литературе.

Возвращаясь в начало параграфа, можно сказать, что на стыках АТС помимо физических и электрических характеристик необходимо аппаратурно и программно реализовать стык цифровой АТС и линий сети по сигналам и процедурам систем сигнализации этих линий.

7.2. Принципы синхронизации в цифровых АТС

В общем случае (при соединении в сеть трех и более цифровых АТС) возникает проблема *синхронизации цифровой сети*. Под синхронизацией цифровой сети понимается процесс установления и поддержания predetermined временных соотношений между цифровыми потоками.

Различают *тактовую синхронизацию* сети, обеспечивающую одинаковую скорость работы цифровых систем, и *цикловую синхронизацию* информации по группам символов, или циклам. Ниже очень коротко речь пойдет о тактовой синхронизации сети.

Рассмотренные в данной книге цифровые системы коммутации относятся к классу *синхронных систем*. Соблюдение заданных временных и частотных соотношений между сигналами в ступенях коммутации данных станций является неперенным условием их правильной работы.

Проблема раздачи частоты и времени (т.е. синхронизации) внутри независимо работающей цифровой АТС не является чем-то особенно сложным. Ее решение сводится к созданию внутри цифровой АТС системы синхронизации, управляемой собственным станционным генератором (рис. 7.6).



Рис. 7.6. Синхронизация цифровой АТС независимым станционным генератором

Ничего принципиально нового не появится, если с помощью ЦСП в сеть будут соединены две цифровые АТС. В этом случае синхронизация будет осуществляться по одному из двух станционных генераторов (рис. 7.7) любой АТС. В передающей части (Пд) аппаратуры каждой ЦСП используется независимый генератор тактовой частоты F_0 или F_1 . Именно по одному из этих генераторов может быть синхронизирована работа такой цифровой сети.

Однако уже в этом случае придется учитывать эффект запаздывания прохождения сигналов по ЦСП («пролетный эффект»). Для выравнивания значащих моментов сигналов (по сути, для фазовой синхронизации) на цифровых АТС вводится буферная память (рис. 7.8).

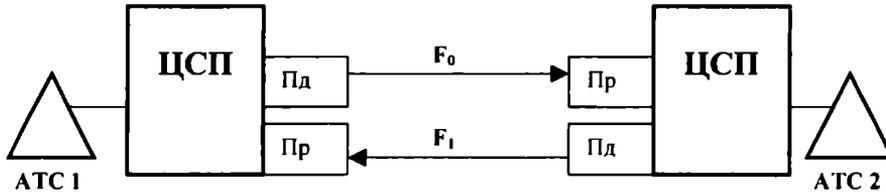


Рис. 7.7. Синхронизация двух цифровых АТС

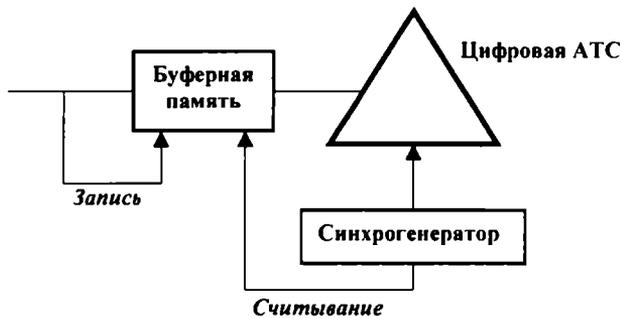


Рис. 7.8. Использование буферной памяти

С помощью буферной памяти удастся за счет задержки цифрового сигнала синхронизировать по времени цифровые потоки двух АТС, однако объем буферной памяти по экономическим соображениям не может быть очень велик.

Если объединенные в сеть цифровые АТС не будут синхронизированы, то возникнет эффект искаженного приема цифровых потоков, названный *проскальзыванием*. Когда входящий цифровой поток, записываемый в буферную память, имеет скорость выше скорости синхрогенератора АТС, то часть входящих бит будет теряться (нет места для их записи). Если скорость входящего потока будет ниже скорости синхрогенератора АТС, то при считывании часть данных будет считываться дважды прежде чем придут данные из линии.

Численно проскальзывания определяются числом бит (неправильно принятых или потерянных) на один канал за определенный отрезок времени.

Проскальзывания по-разному сказываются на качестве передаваемой информации в зависимости от вида связи. При телефонном разговоре это будут щелчки, при передаче данных потеря или вставка бит приведет к необходимости повторения передачи данного пакета, при факсимильной связи на бумажном носителе могут появиться белые или черные полосы и т.д. Таким образом, проскальзывания могут быть приняты как мера качества передачи цифрового потока для заданного вида связи.

Международный союз электросвязи в Рекомендациях G.811 и G.822 задал меру качества передачи по проскальзываниям для различных видов цифровых сетей. Было определено, что допустимо проскальзывание в один бит на один канал в течение:

- 70 дней для международной цифровой сети,
- 7 дней для национальной цифровой сети,
- 12 часов для местной цифровой сети.

Наиболее сложным является обеспечение нормы проскальзывания для международной цифровой сети. Синхрогенератор должен иметь при этом стабильность порядка 10^{-11} в течение 70 дней. Единственным генератором такого рода являются цезиевые атомные часы.

Очевидно, что если установить на каждой цифровой АТС атомные часы, то отпадет необходимость в синхронизации цифровой сети. В этом случае каждая цифровая АТС работала бы в *плездохронном* (почти синхронном) режиме. Но такое решение чрезвычайно дорого из-за высокой стоимости атомных часов. Поэтому было решено, что в плездохронном режиме будут работать относительно друг друга две любые национальные цифровые сети.

Для национальных сетей Администрация связи каждой страны должна построить свою сеть синхронизации, отдельную от сети передачи речи.

Для синхронизации цифровых сетей различного назначения (от военных до сетей общего пользования) было предложено большое количество методов построения, однако общепринятым для цифровых сетей связи общего пользования стал метод «ведущий – ведомый».

Суть этого метода состоит в том, что сигнал эталонной частоты передается из одного узла, названного «ведущий» (master – M), в другие, названные «ведомыми» (slaves – S) (рис. 7.9).

Обычно сеть синхронизации по методу «ведомый – ведущий» строится как иерархическая сеть. Синхрогенератор узла высшей ступени иерархии обеспечивает сигналами эталонной частоты определенное число узлов второй ступени иерархии, каждый из которых может, в свою очередь, обеспечить эталонной частотой другие узлы либо непосредственно, либо через транзитные узлы. Синхрогенераторы узлов сети, кроме высшего (эталонного), являются подстраиваемыми.

Благодаря использованию высокостабильного генератора на ведущем узле (обычно цезиевых атомных генераторов) и недорогих менее стабильных генераторов на ведомых узлах, а также использованию для передачи эталонных частот разговорных трактов, метод «ведомый – ведущий» является в настоящее время наиболее экономичным. Стабильность частоты в сети приближается к стабильности частоты ведущего узла и является достаточно высокой.

Этот метод позволяет осуществлять межсетевую синхронизацию на плездохронной основе.

К недостаткам метода следует отнести возможность «потери» ведущего генератора. При этом ведомый узел либо выбирает другой источник в качестве ведущего, либо использует собственный генератор в режиме независимой работы, пока не будет восстановлена связь с ведущим генератором. Для увеличения надежности используются различные методы резервирования оборудования.

В настоящее время в различных странах (в США, Японии, Швеции и др.) для синхронизации сети используется множество модификаций метода «ведомый – ведущий».

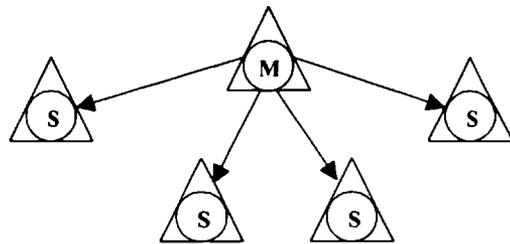


Рис. 7.9. Метод синхронизации «ведомый – ведущий»

Приложение 1

Краткая характеристика отечественных ЦСП

В СССР/СНГ выпускались ЦСП ИКМ-1920, ИКМ-480 и ИКМ-120, производится несколько модификаций аппаратуры ИКМ-30.

1. Аппаратура системы передачи ИКМ-30

Оборудование предназначено для получения соединительных линий между АТС на городских и пригородных сетях по кабелям типов ТГ и ТПП. В состав аппаратуры входят: оконечное и промежуточное оборудование, контрольно-эксплуатационные устройства, устройства служебной связи. Оконечное оборудование состоит из трех типов стоек: аналого-цифрового оборудования (САЦО), оконечного оборудования (СООС), телеконтроля и измерений.

2. Аппаратура системы передачи ИКМ-30С

Предназначена для работы по однопроводным подвесным или подземным кабелям типа КСПП1×4×0,9 или КСПП1×4×1,2 по однокабельной схеме. Применяется в сельских телефонных сетях связи. Состоит из оконечного, промежуточного оборудования и специальных измерительных приборов.

3. Аппаратура первичной системы передачи ИКМ-30-4

Предназначена для уплотнения городских и пригородных кабелей типов Т и ТП (см. табл. П.1).

Таблица П.1. Тип кабеля и длина регенерационных участков

Тип кабеля	Длина регенерационного участка (км) при использовании регенераторов	
	линейных и станционных	станционных с повышенным усилением
Т-0,5	0,3...1,5	1,2...2,1
ТПП-0,5	0,4...2,0	1,5...2,7
Т-0,7	0,6...2,7	2,1...3,7
ТПП-0,7	0,6...2,8	2,2...3,9

На рис. П.1 показана структурная схема оборудования ИКМ-30-4. Аналоговые сигналы тональной частоты через дифсистемы, находящиеся в комплектах согласующих устройств, поступают на входы четырехпроводных окончатых каналов ТЧ в блок АЦО-11, где подвергаются аналого-цифровому преобразованию. Сигналы управления и взаимодействия преобразуются в блоках ОСА-13 в групповой сигнал 64 Кбит/с, поступающий в блок АЦО-11 через противонаправленный стык.

Первичный цифровой поток со скоростью 2048 Кбит/с с выхода блока АЦО-11 поступает в передающую часть комплекта КЛТ-11 блока ОЛТ-11, а оттуда – в линию.

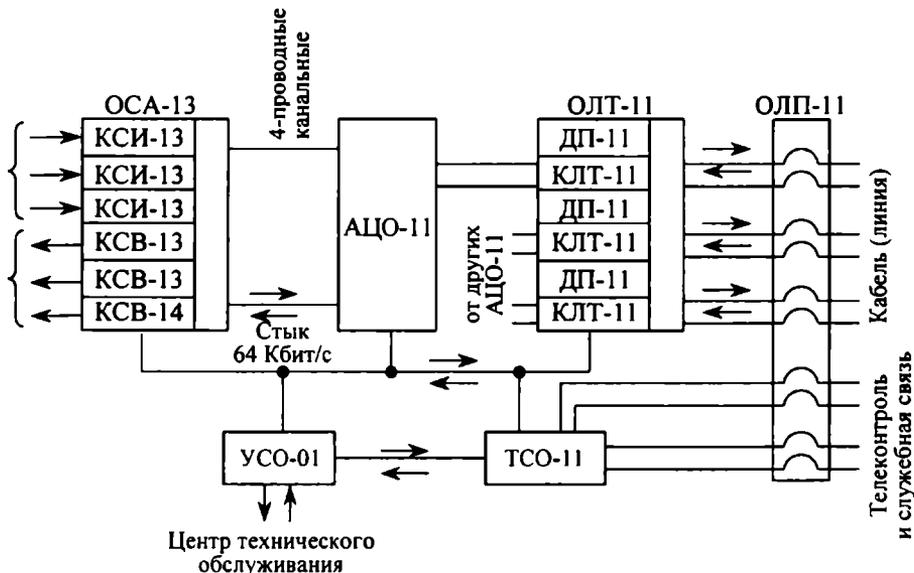


Рис. П.1. Структурная схема ИКМ-30-4

ОЛП-11 – оборудование линейных переключений; ДП-11 – платы источников дистанционного питания регенераторов; АЦО-11 – блок аналого-цифрового преобразования; ОСА-13 – блок согласования с аналоговыми соединительными линиями; КСИ-13 – исходящие комплекты согласующие; КСВ-13, КСВ-14 – входящие комплекты согласующие; УСО-01 – устройство аварийной сигнализации и обслуживания; ТСО-11 – оборудование телеконтроля и служебной связи; КЛТ-11 – комплект линейного тракта.

Принятый с линии цифровой поток поступает в приемную часть комплекта КЛТ-11 блока ОЛТ-11, где регенерируется. В приемной части блока ОЛТ-11 осуществляется цифроаналоговое преобразование сигналов ТЧ, поступающих затем через оборудование ОСА-13 на аналоговые линии.

При асинхронной работе генераторное оборудование приемной части блока АЦО-11 синхронизируется сигналом тактовой частоты, выделяемым из принимаемого цифрового потока. Передающая и приемная части генераторного оборудования блоков ОСА-13 получают сигналы синхронизации от блока АЦО-11. Установка фазы генераторного оборудования приемной части ОСА-13 производится устройствами сверхциклового синхронизации.

Устройства аварийной сигнализации и обслуживания УСО-01 могут работать как автономно, так и в режиме обмена информацией с центром технического обслуживания, что позволяет применить прогрессивный контрольно-корректирующий метод эксплуатации и значительно сократить требуемый для обслуживания аппаратуры персонал.

Комплекс аппаратуры вторичной ЦСП ИКМ-120 предназначен для получения пучков местной и внутризонной связи путем уплотнения высокочастотных симметричных кабелей типа ЗКПАП-1×4, МКСА-1×4, МКСБ-4×4, МКСАП-4×4, МКССП-4×4, МКСБ-7×4. Линейный тракт выполнен по двухкабельной четырехпроводной схеме. Максимальная дальность связи 600 км, номинальная длина регенерационного участка 5 км. В состав ИКМ-120 входят: оборудование вторичного временного группообразования, оконечное оборудование линейного тракта, необслуживаемые регенерационные пункты, комплект измерительных приборов.

Таблица П.2. Характеристики ИКМ-120

Параметр	Величина
Скорость передачи первичной системы, Кбит/с	2048
Число объединяемых первичных систем	4
Длина цикла, бит	1056
Длительность цикла, мкс	125
Число бит на первичную систему	256
Максимальная скорость выравнивания на первичную систему, бит/с	8

Аппаратура третичной ЦСП ИКМ-480 предназначена для получения пучков каналов внутризонной и магистральной связи по коаксиальным кабелям типа МКТ-4. Линейный тракт выполнен по однопроводной схеме. Максимальная дальность связи 2500 км, номинальная длина регенерационного участка 3 км. В состав ИКМ-480 входят: оборудование третичного временного группообразования, оконечное оборудование линейного тракта, обслуживаемые регенерационные пункты, комплекс измерительных приборов.

Аппаратура четверичной ЦСП ИКМ-1920 предназначена для использования во внутризонных и магистральных сетях для организации мощных пучков телефонных каналов и передачи телевизионного вещания по коаксиальным кабелям типа КМ-4. Максимальная дальность связи 12 500 км, номинальная длина регенерационного участка 3 км.

Приложение 2

Наиболее распространенные для сетей связи СНГ системы сигнализации

1. Аналоговая сигнализация 3W-SLD

Данная сигнализация используется на трехпроводных физических линиях для соединений на местной городской и сельской сети. На сельской сети предусмотрено соединение ЦС со станциями на более низких иерархических уровнях или с УПАТС. Сигналы управления передаются декадным кодом.

2. Аналоговая сигнализация 3W-SLM

Данная сигнализация используется на трехпроводных физических линиях для соединений на местной городской и сельской сети. На сельской сети предусмотрено соединение ЦС со станциями на более низких иерархических уровнях или с УПАТС. Сигналы управления передаются кодом МЧК.

3. Аналоговая сигнализация 3W-SLMD

Это линейная сигнализация на трехпроводных линиях, предназначенная для соединения АМТС с местными станциями городской и сельской сети. Сигналы управления передаются декадным кодом.

4. Аналоговая сигнализация 3W-SLMM

Это линейная сигнализация на трехпроводных линиях, предназначенная для соединения АМТС с местными станциями городской и сельской сети. Сигналы управления передаются кодом МЧК.

5. Аналоговая сигнализация 3W-SLMDO

Данная трехпроводная сигнализация предназначена для соединения по 3-проводным линиям станций на ГТС или СТС с АМТС и обратно. Сигнализация 3W-SLMDO предусмотрена для установления исходящих междугородных вызовов от АМТС или ЗТУ (зональный телефонный узел) к ЦС на сельской сети или к АТС на городской сети. Сигналы управления передаются декадным кодом.

6. Аналоговая сигнализация 3W-SLMMO

Данная трехпроводная сигнализация предназначена для соединения по 3-проводным линиям станций на ГТС или СТС с АМТС и обратно. Сигнализация 3W-SLMMO предусмотрена для установления исходящих междугородных вызовов от АМТС или ЗТУ к ЦС на сельской сети или к АТС на городской сети. Сигналы управления передаются кодом МЧК.

7. Аналоговая сигнализация 3W-SLMUD

Сигнализация 3W-SLMUD предназначена для трехпроводного взаимосоединения по физическим универсальным линиям станций на сельской сети, а именно для соединения станций ЦС с оконечными станциями. Сигналы управления передаются декадным кодом.

8. Аналоговая сигнализация 3W-ZSLD

Данная линейная сигнализация предназначена для трехпроводного соединения по физическим линиям станций городской и сельской сети (ЦС) с АМТС. Сигналы управления передаются декадным кодом с использованием процедуры АОН для определения номера вызывающего абонента.

9. Аналоговая сигнализация 3W-ZSLDI

Данная линейная сигнализация предназначена для трехпроводного соединения по физическим линиям станций городской и сельской сети с АМТС, а также в обратном направлении. Сигналы управления передаются декадным кодом с использованием процедуры АОН для определения номера вызывающего абонента

Наименование 3W-ZSLDI обозначает, что это сигнализация во входящем направлении на станциях АМТС или ЗТУ; станции на этом уровне передают запрос АОН и используют полученную информацию о номере вызывающего абонента для тарификации телефонных разговоров.

10. Аналоговая сигнализация 1VF-SLMD

Данная сигнализация обеспечивает установление соединений из междугородной сети в сторону абонентов на сетях более низкого уровня.

Используется линейный комплект 1VF ВТС. Линейный комплект имеет одну точку детектирования (приемник 2600 Гц) и одну точку управления (управление 2600 Гц). Одночастотная сигнализация 1VF – четырехпроводная, причем провода «а» и «b» – приемные, а провода «с» и «d» – передаточные. Сигналы управления передаются декадным кодом.

11. Аналоговая сигнализация 1VF-SLMM

Данная сигнализация обеспечивает установление соединений из междугородной сети в сторону абонентов на сетях более низкого уровня.

Используется линейный комплект 1VF ВТС. Линейный комплект имеет одну точку детектирования (приемник 2600 Гц) и одну точку управления (управление 2600 Гц). Одночастотная сигнализация 1VF – четырехпроводная, причем провода «а» и «b» – приемные, а провода «с» и «d» – передаточные провода. Сигналы управления передаются кодом МЧК по методу «челнок».

12. Аналоговая сигнализация 1VF-SLMDO

Данная одночастотная сигнализация использует линейные сигналы в диапазоне разговорного спектра на частоте 2600 Гц. Отдельные линейные сигналы передаются в виде импульсов. Сигнализация 1VF-SLMDO предусмотрена для установления исходящих междугородных вызовов от АМТС или ЗТУ в сторону станций ЦС на сельской сети или в сторону удаленных АТС на городской сети. Сигналы управления передаются декадным кодом.

13. Аналоговая сигнализация 1VF-SLMMO

Данная одночастотная сигнализация использует линейные сигналы в диапазоне разговорного спектра на частоте 2600 Гц. Отдельные линейные сигналы передаются в виде импульсов.

Сигнализация 1VF-SLMMO предусмотрена для установления исходящих междугородных вызовов от АМТС или ЗТУ в сторону станций ЦС на сельской сети или в сторону удаленных АТС на городской сети. Сигналы управления передаются кодом МЧК по методу «челнок».

14. Аналоговая сигнализация 1VF-ZSLD

Данная одночастотная сигнализация используется для соединений от уровня ЦС (центральной станции – главной станции в СТС) до уровня АМТС по линиям ЗСЛ (исходящая междугородная связь). Сигнализация использует линейные сигналы в диапазоне разговорного спектра на частоте 2600 Гц. Сигналы управления передаются декадным кодом с использованием процедуры АОН для определения вызывающего абонента. Сигналы управления передаются декадным кодом.

15. Аналоговая сигнализация 1VF-ZSLDI

Данная одночастотная сигнализация использует линейные сигналы в диапазоне разговорного спектра на частоте 2600 Гц. Отдельные линейные сигналы передаются в виде импульсов. Сигнализация 1VF-ZSLDI предназначена для соединений ЦС (главной станции на СТС) и/или удаленных АТС на городской сети со станциями на уровне АМТС по линиям ЗСЛ. Сигналы управления передаются декадным кодом с использованием процедуры АОН для идентификации вызывающего абонента.

Наименование 1VF-ZSLDI обозначает, что это сигнализация на входящем направлении на станциях АМТС или ЗТУ; станции на этом уровне передают запрос АОН и используют принятую информацию о номере вызывающего абонента для тарификации телефонных разговоров.

16. Аналоговая сигнализация 1VF-MGM

Сигнализация 1VF использует линейные сигналы в диапазоне разговорного спектра на частоте 2600 Гц. Отдельные линейные сигналы передаются в виде импульсов.

Сигнализация 1VF-MGM предназначена для взаимодействия транзитных станций АМТС со станциями на более высоком уровне. Данная сигнализация обеспечивается линейным комплектом 1VF BTC в аналоговом сетевом модуле станции. Сигналы управления передаются кодом МЧК по методу «импульсный пакет» в следующем виде «Kp (Es) Nb Ki».

Условные обозначения: Kp – категория вызова, Es – информация об эхоградителе, Nb – номер вызываемого абонента, Ki – конец набора, комбинация 11.

17. Аналоговая сигнализация MRUSLM

Сигнализация MRUSLM обеспечивает установление соединений между телефонистом (коммутатором МПУ) и абонентами станции (т.е., станции, к которой подключен коммутатор), а также между телефонистом и абонентами, подключенными к станциям на более низком уровне. Коммутатор МПУ – это ручной коммутатор, подключенный к станции SI-2000 посредством трех проводов. Все три провода (а, b и с) служат для передачи линейных сигналов, а провода «а» и «b» являются также разговорными проводами. Сигналы управления передаются декадным кодом.

18. Аналоговая сигнализация DSUD

Сигнализация DSUD – это аналоговая сигнализация по двум сигнальным каналам по универсальным линиям двустороннего действия, предназначенная для взаимосвязи станций на СТС (местные соединения) и для междугородных соединений. Сигналы управления передаются декадным кодом.

19. Аналоговая сигнализация ESUD

Сигнализация по одному сигнальному каналу (ESUD) предназначена для соединения ОС (оконечных станций в сельской сети СТС) типа АТСК-50/200 с узловыми станциями (УС) по универсальным линиям. По этим линиям передается телефонная нагрузка внутри СТС и также входящая и исходящая междугородная нагрузка. Сигнализация включает в себя два сигнала «занятия» (местный и междугородный). Обмен линейными сигналами и сигналами управления осуществляется через системы передачи с ЧПК (E&M). Сигнализация обеспечивает передачу в обоих направлениях, в прямом и обратном. Сигналы управления передаются декадным кодом.

20. Цифровая сигнализация D-SLD

Это двухбитовая цифровая сигнализация, обеспечивающая соединение между станциями городской сети и станциями сельской сети на уровне ЦС, станциями УПАТС или станциями ведомственных сетей. Кроме того, данная сигнализация может использоваться для взаимодействия станций на всех уровнях ведомственных сетей. Сигналы управления передаются декадным кодом.

21. Цифровая сигнализация D-SLM

Это двухбитовая сигнализация на соединительных линиях, предназначенная для взаимодействия станций на городской сети или для соединения местных станций на уровне ЦС. Сигналы управления передаются кодом МЧК по методу «челнок».

22. Цифровая сигнализация D-SLMD

Это двухбитовая сигнализация, предназначенная для соединения станций на уровне АМТС со станциями городской сети и станциями на уровне ЦС сельской сети, а также для соединения со станциями УПАТС или станциями на ведомственных сетях. Сигнализация обеспечивает установление междугородных входящих соединений. Сигналы управления передаются декадным кодом.

23. Цифровая сигнализация D-SLMM

Это двухбитовая сигнализация, предназначенная для соединения станций АМТС со станциями городской сети и станциями на уровне ЦС сельской сети. Сигналы управления передаются кодом МЧК по методу «челнок».

24. Цифровая сигнализация D-SLMMO

D-SLMMO – это двухбитовая сигнализация, предназначенная для соединения станций на уровне АМТС со станциями городской сети и станциями на уровне ЦС сельской сети.

Наименование D-SLMMO обозначает сигнализацию на исходящей стороне станций АМТС к ЗТУ. Данная сигнализация используется также на узловых станциях городской сети. Сигналы управления передаются кодом МЧК по методу «челнок».

25. Цифровая сигнализация D-SLMDP

Сигнализация D-SLMDP предназначена для соединения станции SI2000 с АМТС-3. Сигнализация обеспечивает установление международных входящих соединений, междугородных входящих соединений и соединений абонентов станции SI2000 с абонентами городской и сельской сети, подключенными к АМТС-3.

26. Цифровая сигнализация D-ZSLD

Это двухбитовая сигнализация, предназначенная для соединения городских станций и станций уровня ЦС со станциями на уровне АМТС. Данная сигнализация используется также для соединения УПАТС и станций ведомственной сети со станциями на сети общего пользования (городской и сельской), как для местных, так и для междугородных исходящих вызовов. Сигналы управления передаются декадным кодом с использованием процедуры АОН для идентификации вызывающего абонента.

27. Цифровая сигнализация D-ZSLDI

D-ZSLDI – это двухбитовая сигнализация, предназначенная для соединения городских станций и станций уровня ЦС со станциями на уровне АМТС. Сигналы управления передаются декадным кодом с использованием процедуры АОН для идентификации вызывающего абонента. Наименование D-ZSLDI обозначает, что это сигнализация во входящем направлении на станциях АМТС или ЗТУ; станции на этом уровне передают запрос АОН и используют принятую информацию о номере вызывающего абонента для тарификации телефонных разговоров.

28. Цифровая сигнализация D-ZSLM

D-ZSLM – это двухбитовая сигнализация, предназначенная для соединения городских станций и станций уровня ЦС со станциями на уровне АМТС. Сигналы управления передаются кодом МЧК по методу «импульсный пакет» в следующем виде «Nb, Ka, Na, Ki».

Условные обозначения: Nb – номер вызываемого абонента, Ka – категория вызывающего абонента, Na – номер вызывающего абонента, Ki – конец набора, комбинация 11.

29. Цифровая сигнализация D-ZSLMP

Сигнализация D-ZSLMP используется только в случаях, когда с помощью станции SI-2000 осуществляется наращивание функциональности станций АМТС-3. Станции АМТС-3 не обеспечивают установления международных телефонных соединений. Степень искажения ВГИ на станции АМТС-3 посредством аналого-цифровых преобразователей сигналов (местного производства) связана со станцией SI-2000. При этом соединения устанавливаются с помощью двухбитовой сигнализации

D-ZSLMP, обеспечивает установление международных соединений для абонентов станций городской и сельской сети, подключенных к транзитным станциям типа АМТС-3. Сигнализация обеспечивает также установление междугородных соединений.

Сигналы управления передаются пакетами МЧК, которые используются только на станциях АМТС-3. Содержимое пакета следующее:

- международные вызовы:
 - SI-2000 посылает два запроса;
 - в ответ на первый запрос поступает информация «1, 0, Nmp»;
 - в ответ на второй запрос поступает информация «Ka, Na»;
 - междугородные вызовы:
 - SI-2000 посылает один запрос,
- а) первая принятая цифра будет «2» («2», abc xxxx), затем следует еще «Ka, Na» (16 цифр);
- б) первая принятая цифра не 1 или 2 ((ABC, abc xxxx), затем следует еще «Ka, Na» (18 цифр).

30. Цифровая сигнализация D-MGD

DMGD – это двухбитовая сигнализация, обеспечивающая цифровое взаимодействие транзитных станций. Данная сигнализация по сути полностью идентична аналоговой сигнализа-

ции 1VF-MGM. Различаются они по сигналам управления, которые передаются декадным кодом; сигнализация используется для соединения с транзитными станциями АМТС-3 посредством двухчастотной сигнализации 2VF аналого-цифрового преобразователя.

31. Цифровая сигнализация D-MGM

D-MGM – это двухбитовая сигнализация, обеспечивающая цифровое взаимодействие транзитных станций; данная сигнализация по сути полностью идентична аналоговой сигнализации 1VF-MGM.

32. Цифровая сигнализация DUND

Сигнализация DUND – это двухбитовая цифровая сигнализация по универсальным линиям двустороннего действия, предназначенная для соединения станций на сельской сети (местные соединения) и для междугородных соединений. Сигналы управления передаются декадным кодом.

33. Цифровая сигнализация EUND

Одноразрядная декадная сигнализация (EUND) по универсальным линиям предназначена для соединения оконечных станций с узловыми станциями (УС) и узловых станций с центральной станцией.

Сигнализация обеспечивает телефонный трафик на СТС и входящий и исходящий междугородный трафики. Сигнализация обеспечивает передачу в обоих направлениях – прямом и обратном. Сигналы управления передаются декадным кодом.

34. Цифровая сигнализация R2

Цифровая сигнализация R2 предусматривается, а также рекомендуется, для взаимодействия цифровых станций посредством цифровых систем передачи с одним сигнальным каналом, используемым для всех разговорных каналов. Используется способ сигнализации по выделенному каналу CAS (Channel Associated Signaling) в прямом и обратном направлениях. Соединение выполнено при помощи интерфейса А, определенного в рекомендации МККТТ G.703. Сигнализация R2 разработана для функционирования в одном направлении, однако, по своей основе она обеспечивает двустороннюю работу в рамках национальных сетей.

Линейные сигналы цифровой сигнализации R2 передаются по 16-ому каналу. Для передачи информации используется два типа данных для каждого разговорного канала в каждом отдельном направлении. В прямом направлении, т.е. от производящего занятие линейного комплекта в сторону вызываемого линейного комплекта передаются данные a_f и b_f . В обратном направлении, от вызываемого линейного комплекта к линейному комплекту, который устанавливает соединение, передаются данные a_b и b_b . Данные имеют следующее значение:

- a_f – данные о текущем состоянии исходящего линейного комплекта и косвенные данные о состоянии вызываемой абонентской линии,
- b_f – данные о наличии неисправности в прямом направлении в сторону станции, в которой находится вызываемый линейный комплект,
- a_b – данные о состоянии вызываемой абонентской линии (трубка снята или лежит на рычаге),
- b_b – данные о состоянии – занят или свободен – входящего (вызываемого) линейного комплекта станции.

Сигналы управления R2 передаются кодом МЧК по разговорным каналам.

Список сокращений

ATM	Asynchronous Transfer Mode – режим асинхронной передачи	ITU-T	International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization – Международный союз электросвязи – Сектор стандартизации
B-ISDN	Broadband ISDN – широкополосная ISDN (Ш-ЦСИО)	LAN	Local Area Network – локальная (вычислительная) сеть, ЛВС или ЛС
CCITT	Consultative Committee on International Telephony and Telegraphy или The International Telegraph and Telephone Consultative Committee – Международный консультативный комитет по телеграфии и телефонии (МККТТ)	MP	Maintenance Point – точка технического обслуживания
CCG	Central Clock Generator – главный генератор синхросигналов	MUX	Multiplexer – мультиплексор
CT	Computer Telephony – компьютерная телефония	NM	Network Manager – сетевой менеджер
DSL	Digital Subscriber Loop – цифровая абонентская линия	INAP ISDN	Network Access Point – узел доступа к службе OSI на сетевом уровне (SS7)
DTMF	Dual-Tone Multifrequency/Dual-Tone Modulated Frequency – двухтоновый многочастотный набор/тональный набор	OA&M	Operations, Administration and Maintenance system – эксплуатация и техническое обслуживание
ENM	ECI Network Manager – сетевой менеджер компании ECI	PABX	Private Automatic Branch Exchange – частная АТС
Ethernet	локальная сеть, использующая стандарт IEEE 802.3 (CSMA/CD)	PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy – плезиохронная цифровая иерархия (ПЦИ)
Ethernet 100bT	(base-T) – сеть Ethernet со скоростью передачи 100 Мбит/с, использующая технологию незранированной витой пары	PSN	Packet Switched Network – сеть пакетной коммутации, например, сеть X.25
FR	Frame Relay ретрансляция кадров – технология глобальных сетей	PHUB	Plesiochronous HUB – плезиохронный концентратор
IP	Internet Protocol – межсетевой протокол (сети Интернет)	Q3	интерфейс для связи DCN с NE или с Q-адаптером
IPoP ISDN	Point of Present – точка доступа ЦСИО	RAS	Remote Access Service – служба дистанционного доступа
ISDN-BA	(base access) ЦСИО с базовым доступом	SDH	Synchronous Digital Hierarchy – синхронная цифровая иерархия (СЦИ)
ISDN-PA	(primary access) ЦСИО с первичным доступом	SDM	Synchronous Digital Multiplexer – синхронный цифровой мультиплексор
ISUP ISDN	User Part – пользовательская часть ISDN, SS7 (ОКС-7)	TCP	Transfer Control Protocol – протокол управления передачей данных

АИМ	амплитудно-импульсная модуляция	МККТТ	Международный консультативный комитет по телеграфии и телефонии
АК	абонентский комплект	МСЭ	Международный союз электросвязи
АЛ	абонентская линия	МЧК	многочастотный код
АМТС	автоматическая междугородная телефонная станция	ОКС	общий канал сигнализации
АОН	аппаратура определения номера	ОМ	оконечный модуль
АРУ	автоматическая регулировка усиления	ПЗУ	постоянное запоминающее устройство
АТС	автоматическая телефонная станция	ПЛМ	программируемая логическая матрица
БАЛ	блок абонентских линий	ПО	программное обеспечение
БВК	блок временной коммутации	РЗУ	речевое запоминающее устройство
БГК	блок групповой коммутации	САК	спаренный абонентский комплект
БИС	большая интегральная схема	СЛ	соединительная линия
БП	блок подключения	СПК	станционный полукомплект
БПК	блок пространственной коммутации	СТС	сельская телефонная сеть
ВОС	(модель) взаимодействия открытых систем	ТА	телефонный аппарат
ВРК	временное разделение каналов	ТЧ	тональная частота
ВСК	выделенный сигнальный канал	ТЭЗ	типовой элемент замены
ВШ	входная шина	УЗУ	управляющее запоминающее устройство
ГТС	городская телефонная сеть	УПАТС	учрежденческая производственная АТС
ДВО	дополнительные возможности обслуживания	УУ	управляющее устройство
ДС	дифсистема	ФВЧ	фильтр высоких частот
ЗСЛ	заказно-соединительная линия	ФНЧ	фильтр низких частот
ЗТУ	зоновый телефонный узел	ЦКЭ	цифровой коммутационный элемент
ЗУ	запоминающее устройство	ЦС	центральная станция
ЗУПВ	запоминающее устройство с произвольной выборкой	ЦСИО	цифровая сеть интегрального обслуживания
ИКМ	импульсно-кодовая модуляция	ЦСК	цифровая система коммутации
ИП	индексный процессор	ЦСП	цифровая система передачи
КИ	канальный интервал	ЦТЭ	центр технической эксплуатации
КМ	коммутационный модуль	ЧНН	часы наивысшей нагрузки
КП	коммутационное поле	ЧРК	частотное разделение каналов
ЛВС	локальная вычислительная сеть		