МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени К.И. САТПАЕВА

Е.К. Есназаров

СЕТИ СВЯЗИ И СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ

Рекомендовано Научно-методическим советом университета
в качестве учебного пособия

Алматы 2012

УДК 621. 39(075. 8)

Е 85 Есназаров Е.К. Сети связи и системы коммутации: Учеб. пособие – Алматы: КазНТУ, 2012. – 312 с. Ил. 309. Табл. 5. Библиогр. - 35 назв.

ISBN 978-601–228–376–1

В учебнике дается систематизированное изложение вопросов, отражающих современные тенденции в развитии телекоммуникационных сетей связи и систем коммутации.

В первой части (гл. 1–5) рассматриваются принципы построения первичных, вторичных беспроводных радио, сотовой, транкинговой и транспортных сетей связи, а также перспективы их дальнейшего развития. Приведены принципы построения компьютерных сетей и использование сетевых технологий для ведомственных, местных и национальных телекоммуникационных сетей связи. Особое внимание уделяется вопросам создания мультисервисных, интеллектуальных сетей, а также сетей следующего поколения.

Во второй части (гл. 6–10) рассматриваются принципы построения систем коммутации, используемых в современных телекоммуникационных цифровых сетях связи, особенности построения разновидностей коммутационных блоков и схем. Принципы построения неблокируемых коммутационных блоков и их анализ. Произведен сравнительный анализ структурных схем цифровых АТС, используемых в телекоммуникационных сетях.

Предназначен для бакалавров, обучающихся по специальностям 5В071900, 050719-«Радиотехника, электроника и телекоммуникации», а также может быть полезен для бакалавров и магистрантов специальности 050704 - "Вычислителъная техника и программное обеспечение" и 050703 — "Информационные системы" при выполнении выпускных работ и изучении родственных дисципин.

ISBN 978-601–228–376–1

Рецензенты:

Д.З. Джурунтаев, проф. д-р техн. наук, проф.КазНТУ им. К.И. Сатпаева

К.Х. Туманбаева, проф. канд. техн. наук, проф. АУЭС.

Б.С. Сахариев, Директор департамента ДЗЗ и ГИС, АО «КазИнжЭлектроникс», канд. техн. наук.

Печатается по плану Министерства образования и науки Республики Казахстан на 2012 г.

ISBN 978-601–228–376–1

© КазНТУ, 2012

© Есназаров Е.К., 2012

ВВЕДЕНИЕ

Краткая история развития электросвязи.

Подлинную революцию в деле электросвязи по проводам произвели русский академик Б.С. Якоби и американский ученый С. Морзе, предложившие независимо друг от друга пишущий телеграф. Заслугой С. Морзе является создание используемой до сих пор телеграфной азбуки, в которой буквы обозначались комбинацией точек и тире.

В 1850 г. Б.С. Якоби сконструировал первый буквопечатающий аппарат, который в 1874 г. был усовершенствован американцем Д. Юзом и французом Ж. Бодо.

В июне 1866 г. была осуществлена прокладка кабеля через Атлантический океан. Европа и Америка оказались связанными телеграфом. С 1866 г. телеграфные линии потянулись во все концы земного шара, связав между собой страны и континенты.

Начиная уже с 1837 г. многие изобретатели пытались передать на расстояние человеческую речь с помощью электричества. Почти через 40 лет эти опыты увенчались успехом. В 1876 г. американский изобретатель А.Г. Белл запатентовал устройство для передачи речи по проводам-телефон. В 1878 г. русский ученый М. Махальский сконструировал первый чувствительный микрофон с угольным порошком, который в модернизированном виде применяется во всех современных телефонных аппаратах.

Двухпроводная телефонная линия между Петербургом и Москвой была спроектирована в 1895 г. профессором Петербургского электротехнического института П.Д. Войнаровским и построена в 1898 г.

Существенный вклад в усовершенствование телефона внес русский физик П.М. Голубицкий, который в 1886 г. разработал новую схему телефонной связи. Согласно этой схеме микрофоны абонентских телефонных аппаратов получали питание от одной (центральной) батареи, расположенной на телефонной станции. Эта система была внедрена во всем мире под названием системы ЦБ.

Изобретение радио – заслуга талантливого русского ученого А.С. Попова. Первая публичная демонстрация устройства А.С. Попова для приема электромагнитных волн состоялась на заседании Рус-

ского физико-химического общества 7 мая 1895 г. Этот день и вошел в историю как день изобретения радио.

Сотрудники созданной в 1918 г. Нижнегородской лаборатории, уже в 1922 г. построили в Москве первую в мире радиовещательную станцию мощностью 12 кВт, а 17 сентября 1922 г. состоялась первая передача радиоцентра. К 1924 г. радиовещательные станции появились в Ленинграде, Горьком.

В 1935 г. между Нью-Йорком и Филадельфией вступила в строй радиолиния на ультракоротких волнах. Она имела протяженность 150 км. Чтобы перекрыть это расстояние, через 50 и 100 км были построены две промежуточные «релейные» станции, которые принимали ослабленные радиоволны, «заменяли» их новыми и посылали дальше. Сама радиолиния была названа «радиорелейной линией».

В 1962 г. была внедрена в эксплуатацию первая коммерческая система передачи ИКМ-24. В 1960 г. в Америке был создан первый в мире лазер. Первые лазерные линии связи появились в начале 60-х годов этого столетия. В нашей стране первая такая линия была построена в 1964 г. в Ленинграде.

В 1970 г. в американской фирме «Corning Glass Company» было получено сверхчистое стекло. Это дало возможность создать и внедрить повсеместно оптические кабели связи.

Современные тенденции развития электросвязи. В последующие годы связь развивалась по пути цифровизации всех видов информации. Это стало генеральным направлением, обеспечивающим экономичные методы не только ее передачи, но и распределения, хранения и обработки. Вслед за ИКМ-24 появляются ИКМ-30, ИКМ-120, ИКМ-480, ИКМ-1920, а затем системы передачи синхронной цифровой иерархии (СЦИ).

Интенсивное развитие цифровых систем передачи объясняется существенными достоинствами этих систем по сравнению с аналоговыми системами передачи: высокой помехоустойчивостью; слабой зависимостью качества передачи от длины линии связи; стабильностью электрических параметров каналов связи; эффективностью использования пропускной способности при передаче дискретных сообщений и др.

Из года в год растет в стране телефонная плотность, но пока Казахстан еще существенно отстает по этому показателю от промыш-

ленно развитых стран. Если в промышленно развитых странах этот показатель составляет 46 и более телефонов на 100 жителей, то в Казахстане в среднем-21 телефон. Разработана концепция, намечены сроки ликвидации этого отставания.

На смену телеграфной связи пришли такие виды документальной электросвязи, как передача данных, электронная почта, факсимильная связь.

Успешно развивается казахстанский сегмент сети Интернет. Растет количество наименований казахскоязычных ресурсов в сети. За последние два года казахстанская аудитория сети Интернет выросла в 2,9 раза. Число пользователей электронной почтой за этот же период выросло в 3 раза. Однако по-прежнему основное количество пользователей сосредоточено в крупных и средних городах.

Одновременно с ростом числа услуг связи будет меняться их качество от простого телефонного сервиса до услуг мультимедиа, которые будут обеспечиваться интегральными цифровыми сетями связи.

Особенно быстрыми темпами в мире и у нас в стране идет развитие сети мобильной радиосвязи. Человек с сотовым телефоном, не привязанный шнуром к своему месту, превратился в своеобразный символ конца века. Количество людей, пользующихся мобильными телефонами в мире, приближается к нескольким *сотням миллионам.*

По числу абонентов системы мобильной связи уже можно судить об уровне и качестве жизни в данной стране. В этом смысле темпы роста абонентов мобильной связи в Казахстане (почти 200 % в год) являются показателем роста благосостояния общества.

В заключение отметим, что объем информации, передаваемой через информационно-телекоммуникационную инфраструктуру мира, удваивается каждые 2–3 года. Появляются и успешно развиваются новые отрасли информационной индустрии, существенно возрастает информационная составляющая экономической активности субъектов рынка и влияние информационных технологий на научно-технический, интеллектуальный потенциал и здоровье наций. Начало XXI в. рассматривается как эра информационного общества, требующего для своего эффективного развития создания глобальной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры, темпы развития которой должны быть опережающими по отношению к темпам развития экономики в целом. При этом создание информационно-

телекоммуникационной инфраструктуры следует рассматривать как важнейший фактор подъема национальной экономики, роста деловой и интеллектуальной активности общества, укрепления авторитета страны в международном сообществе.

Современные телекоммуникационные системы и сети представляют сложный комплекс разнообразных технических средств, обеспечивающих передачу различных сообщений на любые расстояния с заданными параметрами качества. Основу телекоммуникационных систем составляют многоканальные системы передачи по электрическим, волоконно-оптическим кабелям и радиолиниям, предназначенные для формирования типовых каналов и трактов. На основе систем передачи строится телекоммуникационная сеть страны, реализуемая в виде комплексов технологически сопряженных сетей электросвязи общего пользования, ведомственных и частных сетей электросвязи на территории страны, охваченная общим централизованным управлением и называемая Взаимоувязанной сетью связи (ВСС).

Декадно-шаговые и координатные АТС явили собой первые примеры пространственных коммутаторов, и только значительно позже эту технологию дополнила (и почти заменила) технология временной коммутации.

Технические средства, на основе которых существуют сегодняшние, и наличие которых должны принимать во внимание завтрашние сети электросвязи.

С начала 1970-х годов произошла вторая революция в сфере коммутации. Благодаря технологии цифровой передачи стало возможным передавать речь в цифровом формате. Как следствие, коммутационные станции тоже постепенно стали цифровыми. Основные задачи АТС всех типов связаны с обслуживанием абонентской сети доступа и с взаимодействием в внутри сети связи.

Глава 1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

1.1. Сети и системы электросвязи

Структурная схема системы ПДС изображена на рис. 1.1. Символы *a€A* от источника дискретных сообщений поступают в виде кодовых комбинаций, которые состоят из единичных элементов (посылок). Кодовая комбинация характеризуется основанием кода *m* и числом единичных элементов, составляющих кодовую комбинацию (длиной кода *n*), которая отображает передаваемый символ a_i. В технике ПДС наибольшее распространение получили коды с основанием 2. Такие коды часто называют двоичными или бинарными.

Основная причина широкого применения двоичных кодов-простота реализации, надежность элементов двоичной логики, малая чувствительность к действию внешних помех и т. д.

Поступающие от источника сообщения, в ряде случаев содержат избыточность. Это позволяет часть сообщения не передавать, восстанавливая его на приеме по известной статистической связи. При передаче телеграмм исключают из текста союзы, предлоги, знаки препинания, поскольку они легко восстанавливаются при чтении телеграммы на основании известных правил построения фраз и слов. Избыточность в принимаемой телеграмме позволяет легко исправить часть искаженных слов. Задачу устранения избыточности на передаче в СПДС выполняет кодер источника.

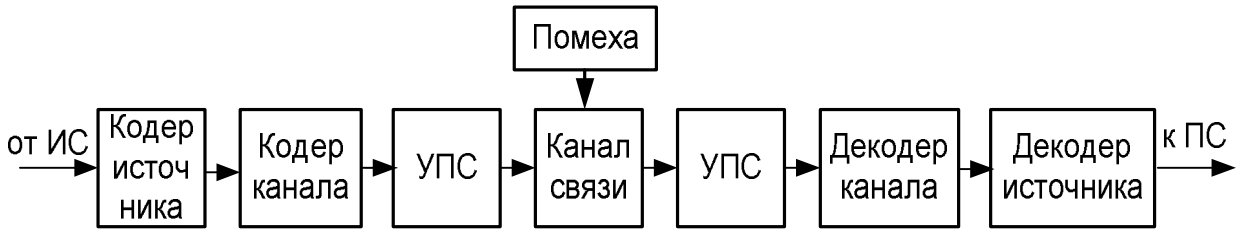


Рис 1.1. Структурная схема источника ПДС

В соответствии со структурной схемой (см. рис. 1.1) на приемной стороне сначала в УПС определяется вид элемента (0 или 1), затем из элементов формируются кодовые комбинации, декодирование которых позволяет определить вид заданного символа.

Кодовая комбинация представляет собой составной сигнал, состоящий из элементарных двоичных сигналов. Этот составной сигнал можно обрабатывать в целом, сравнивая принятый составной сигнал со всеми эталонами. Для обеспечения правильного приема переданных символов в технике передачи дискретных сообщений приходится решать различные задачи синхронизации.

Синхронизация есть процесс установления и поддержания определенных временных соотношений между двумя или несколькими процессами. В технике связи, в частности, часто приходится решать задачу установления и поддержания определенных фазовых соотношений между сигналами, вырабатываемыми на передаче и приеме.

В рассмотренной выше СПДС передача сообщений осуществляется в одну сторону от отправителя сообщений к получателю или от «точки к точке». Для этого использовался двухточечный *односторонний канал связи.*

При необходимости обмена сообщениями между многими отправителями и получателями, называемых в этом случае *пользователями* или *абонентами,* требуется создание систем передачи сообщений (СПС) с большим числом каналов связи. Это приводит к концепции системы передачи и распределения сообщений (СПРС), т. е. системы связи в широком смысле. Такую систему обычно называют сетью связи (электросвязи), сетью передачи информации или сетью передачи сообщений. Примером СПРС является многоточечное соединение (рис. 1.2), в котором оконечные пункты (ОП) соединены линией связи, и полносвязная сеть (рис. 1.3), где ОП подключены друг к другу по принципу «каждый с каждым». При увеличении числа абонентов в многоточечной сети значительно возрастают задержки в передаче информации, а в полносвязных сетях существенно увеличивается число линий связи и объем аппаратуры. Разрешение этих проблем связано с использованием коммутируемых сетей СПРС, где абоненты связываются между собой не непосредственно, а через один или несколько узлов коммутации (УК). Основная задача современных СПРС-обеспечение широкого круга пользователей (людей или организаций) разнообразными информационными услугами, в число которых входит в первую очередь эффективная доставка сообщений из одного пункта в другой, удовлетворяющая требованиям по скорости, верности, времени задержки, надежности и стоимости.

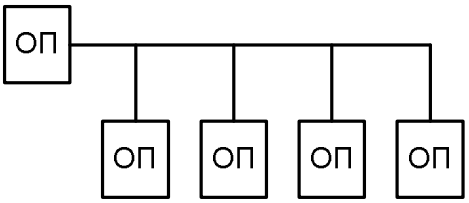


Рис. 1.2. Многоточечное соединение

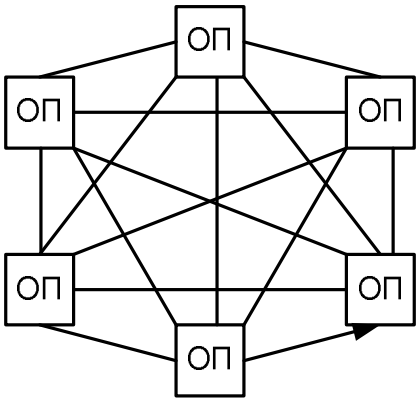


Рис. 1.3. Полносвязная сеть сообщений

Эталонная модель взаимосвязи открытых систем. Связь представляет собой совокупность сетей и служб связи (рис. 1.3). *Служба электросвязи* – это комплекс средств, обеспечивающий представление пользователям услуг. *Вторичные сети* обеспечивают транспортировку, коммутацию сигналов в службах электросвязи, первичные снабжают вторичные каналы. Составной частью соответствующей службы является оконечное оборудование, которое располагается у пользователя.

Так передача данных по телефонным сетям часто рассматривается как служба передачи данных по телефонным каналам. Откуда следует, что стоит владельцу телефона подключить свой компьютер при помощи модема к телефонной сети, как появляется служба. В то же время служба передачи данных может предоставлять и услуги телефонной связи. Она входит в состав служб документальной электросвязи (ДЭС), которые обеспечивают обмен разнообразной нетелефонной информации. В состав служб ДЭС, в соответствии с [11] входят также службы телеграфные и передачи газет, телематические.

Обмен информацией в любых службах электросвязи должен осуществляться по определенным, заранее оговоренным правилам. Эти правила разрабатываются рядом международных организаций электросвязи.



Рис 1.4. Архитектура связи

Так, в 1978 г. в Международной организации по стандартизации (МОС) был создан подкомитет SC16, задачей которого являлась разработка международных стандартов для взаимосвязи открытых систем. Открытой она является тогда, когда соответствует эталонной модели взаимосвязи открытых систем (ВОС). Эталонная модель ВОС – наиболее общее описание структуры построения стандартов. Она определяет принципы взаимосвязи между отдельными стандартами и представляет собой основу для обеспечения возможности параллельной разработки множества стандартов, которые требуются для ВОС.

Однако стандарт ВОС должен определять не только эталонную модель, но и конкретный набор услуг, удовлетворяющих эталонной модели, а также набор протоколов, обеспечивающих удовлетворение услуг, для реализации которых они разработаны.

1.2. Принципы построения телекоммуникационных сетей

1.2.1. Состав сетей электросвязи

Основными компонентами сети электросвязи являются:
- сетевые узлы и сетевые станции;
- линии передачи;
- узлы коммутации (УК);
- оконечные пункты (ОП);
- концентраторы и мультиплексоры;
- многоуровневая система управления.

1.2.2. Классификация сетей электросвязи

Данная классификация приведена на рис. 1.5. и основана на следующих признаках:

1.По типу передаваемых сообщений;
2.По категории пользователей;
3.По скорости передачи сообщений;
4. По размеру (степени охвата);
5. По способу коммутации;
6. По типам используемых каналов связи;
7. По способу управления сетью.

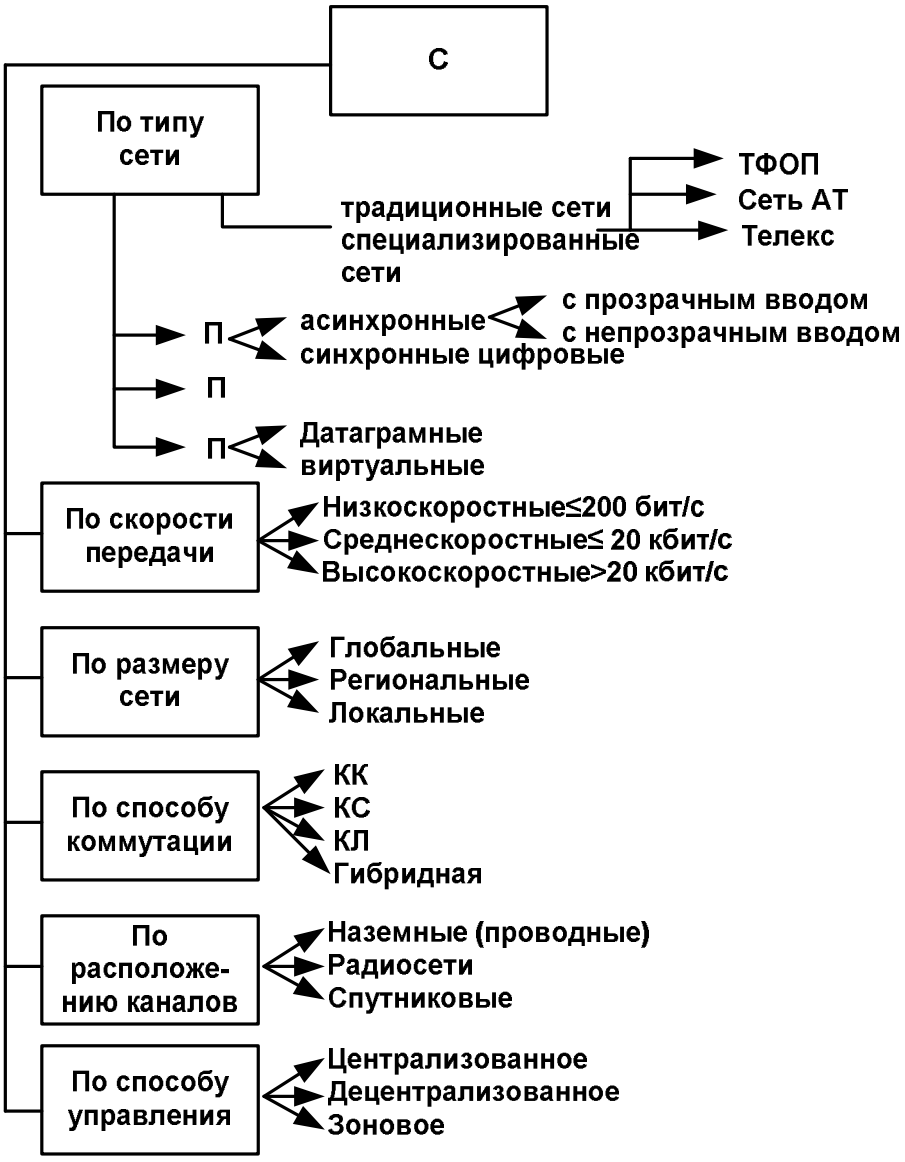


Рис 1.5. Классификация сетей электросвязи

1.2.3. Принципы построения взаимоувязанных сетей связи

Первичной сетью ВСС называется совокупность линий передачи, сетевых узлов и сетевых станций, образующих сеть типовых каналов передачи и сетевых трактов. На рис. 1.6 поясняется принцип организации первичной сети. Сетевые узлы организуются на пересечении нескольких линий передачи, в них устанавливается каналообразующая аппаратура систем передачи и осуществляется переключение каналов или их групп, принадлежащих разным системам.

Первичная сеть по территориальному принципу подразделяется на магистральные, внутризоновые и местные первичные сети.

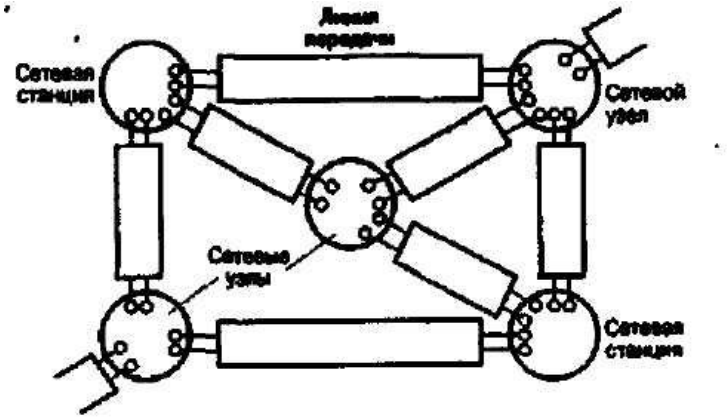


Рис 1.6. –Структура первичной сети

Магистральная первичная сеть соединяет каналами различных типов все областные и республиканские центры.

Внутризоновая первичная сеть, в основном, соединяет различными каналами районные сети данной области друг с другом и с областным центром.

Местные первичные сети ограничены территорией города или сельского района. Они обеспечивают возможность организации каналов (или физических пар проводов) между станциями и узлами этих сетей, а также между абонентами. Часто внутризоновую сеть и местные первичные сети объединяют одним названием – *зоновая* первичная сеть.

Формализованные правила, определяющие последовательность и формат сообщений, которыми обмениваются сетевые компоненты одноименных уровней разных узлов (систем), называются *протоколами.*

Модули соседних уровней одного узла также взаимодействуют друг с другом в соответствии с четко определенными правилами, которые называются *интерфейсом.*

Примером открытой системы является международная сеть Internet. На рис. 1.7 представлена обобщенная модель взаимодействия открытых систем А и В. Средства взаимодействия делятся на семь уровней.

Уровень 1 – физический (Physical layer) обеспечивает установление соединения, поддержание и разъединения физических каналов для передачи электрических сигналов в виде единичных элементов.



Рис 1.7. Модель взаимодействия открытых систем ВОС (ISO/OSI)

Примерами физических каналов являются коаксиальный кабель, витая пара, оптоволоконный кабель или цифровой канал.

Уровень 2 – канальный (Data Link layer) в качестве одной из задач осуществляет проверку доступности среды передачи. Одной из функций этого уровня является установление соединения, поддержание и разъединение канала передачи данных. Другой задачей канального уровня является повышение верности передачи на основе обнаружения и исправления ошибок.

Уровень 3 – сетевой (Network layer) предназначен для образования единой транспортной системы, объединяющей несколько сетей, которые используют разные протоколы канального уровня.

Проблема выбора наилучшего пути доставки сообщений называется маршрутизацией и осуществляется маршрутизаторами.

Уровень 4 – транспортный (Transport layer) обеспечивает верхним уровням передачу данных с той степенью надежности, которая

им необходима. Модель OSI определяет пять классов сервиса, предоставляемых транспортным уровнем.

Уровень 5 – сеансовый (Session layer) обеспечивает управление диалогом: фиксирует какая из сторон является активной в данный момент, предоставляет средства синхронизации. На практике сеансовый уровень редко реализуется в виде отдельных протоколов.

Уровень 6 – представительный (Presentation layer) имеет дело с формой представления передаваемой информации, не меняя ее содержания. Благодаря этому уровню, информация, передаваемая прикладным уровнем одной системы, всегда понятна прикладному уровню другой системы. На этом уровне может выполняться шифрование и дешифрование данных для обеспечения секретности обмена данными сразу для всех служб.

Уровень 7 – прикладной (Application layer) – это набор разнообразных протоколов, с помощью которых пользователи сети получают доступ к разделяемым ресурсам, таким как файлы, принтеры или гипертекстовые Web – страницы, а также организуют свою совместную работу, например, с помощью протокола электронной почты. Прикладной уровень в качестве единицы данных использует сообщение (message).

1.3. Особенности построения вторичных телекоммуникационных сетей

1.3.1. Сети телефонной связи

а) Вторичная сеть общего пользования представляет собой совокупность автоматических телефонных станций (АТС), узлов автоматической коммутации (УАК), абонентских аппаратов и линий, а также каналов передачи, полученных из первичной сети.

Система телефонной связи предназначена для удовлетворения населения и предприятий в передаче сообщений пользователей, как в пределах страны, так и при выходе на международную телефонную сеть, и представляет *следующие виды услуг:*

1. Услуги доставки сообщений: речевых, факсимильных, электронной почты, данных. Эти услуги предоставляются техническими службами, использующими физические ресурсы сети.

2. Специальные услуги – это информационно-справочные, заказные и дополнительные, предоставляемые службами сервиса автоматически или с помощью оператора. *К ним, в частности, относятся:*

- справочная местной телефонной сети;
- справочная точного времени;
- заказная междугородной телефонной сети МТС;
- справочная междугородной и международной сети;
- прием телеграмм по телефону;
- заказная ремонта телефонной сети;
- заказная ремонта таксофонов.

Дополнительные виды обслуживания (ДВО) могут предоставляться общесетевыми службами или службой той станции, куда подключена линия абонента, программно-аппаратными средствами станции или сети. К ДВО относятся, например:

сокращенный набор номера вызываемого абонента;

передача входящего вызова на другой аппарат (переадресация);

предоставление возможности получения справки во время разговора с одним из пользователей;

конференцсвязь трех и более пользователей;

прямой вызов (соединение без набора номера).

б) Структура вторичных цифровых сетей общего пользования

Цифровой называют сеть, в которой информация передается между абонентскими пунктами (АП) только в цифровой форме. Структура цифровой сети существенно проще структуры аналоговой вторичной телефонной сети по следующим причинам:

1. Отсутствуют жесткие ограничения максимальной емкости ЦСК, которые имеются для аналоговых оконечных станций и узлов.

Поэтому для построения цифровой сети заданной емкости требуется меньшее количество станций, чем для построения аналоговой сети.

2. Практическое отсутствие ограничений на расстояние между станциями и узлами благодаря использованию систем передачи с ИКМ.

Эти особенности позволяют строить цифровую вторичную сеть как одноуровневую, т. е. без узлов.

Станции такой сети могут быть связаны друг с другом по способу «каждая с каждой» линиями с ИКМ и могут использоваться как оконечные или как совмещенные (оконечные и транзитные).

Для обмена сигнальными сообщениями при межстанционной связи выделяется сигнальная подсеть с коммутацией пакетов. Эта подсеть образована пунктами сигнализации (ПС), связывающими их с ОКС. (рис. 1.8)

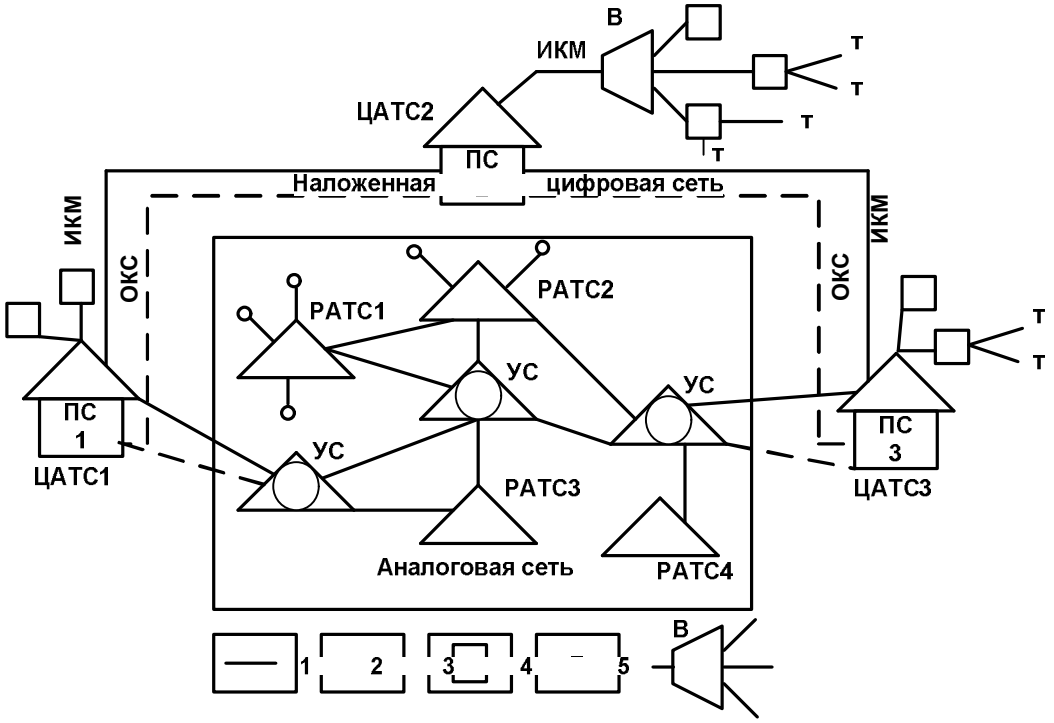


Рис 1.8. Структура аналоговой вторичной сети переходного периода

1.4. Телеграфная связь и построение первых сетей

Телеграфные сигналы и их характеристики. Сообщения для передачи через сеть электросвязи должны преобразовываться в сигналы. Последовательность преобразования сообщений и передачи сигналов показаны на рис. 1.9.

На выходе источника сообщений создается сообщение $a(t)$. В зависимости от природы сообщений функция $a(t)$ может быть аналоговой или дискретной.

Преобразователь трансформирует сообщение $a(t)$ в электрический сигнал $s(t)$. Сигнал, вне зависимости от формы сообщения, может быть как аналоговым, так и дискретным. Вид сигнала определяется свойствами преобразователя.

В процессе передачи через сеть электросвязи на сигнал влияют шумы и помехи, происходит его искажение и вследствие других причин. Их влияние названо "Суммарными воздействиями на сигнал" – $z(t)$.

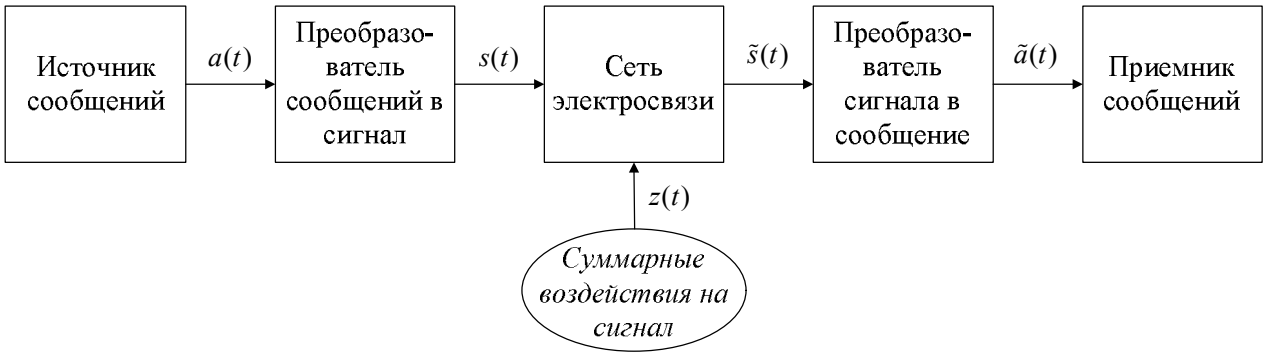


Рис. 1.9. Передача сообщений через сеть электросвязи

В результате на вход преобразователя, который формирует сообщение, поступает сигнал $a(t)$. Функции $s(t)$ и $a(t)$ не совпадают. Это означает, что сообщения $a(t)$ и $s(t)$ также будут различны. Степень соответствия функций $a(t)$ и $s(t)$ называется верностью передачи информации.

Устройства преобразования сообщений, передаваемых в сетях телеграфной связи, в электрический сигнал представляют каждый знак (в основном, буквы и цифры) уникальной комбинацией импульсов и пауз одинаковой длительности. Импульс соответствует наличию напряжения на выходе преобразователя, а пауза – его отсутствию. Таблица, которая связывает комбинации импульсов и пауз с буквами, цифрами и служебными символами, определяет телеграфный код. Международный телеграфный код МТК-2 позволяет представить букву "А" в таком виде: 11000. В данном случае символ "1" указывает на передачу импульса, а "0" – на наличие паузы. Позднее был разработан семиэлементный телеграфный код – МТК-5. Он позволил расширить функциональные возможности телеграфной связи.

Устройство преобразования сигналов в сообщение позволяет получить совокупность букв и цифр, которая воспроизводится на печатающем устройстве или на экране монитора. Скорость телеграфирования B обратно пропорциональна длине импульса τ:

$$B = \frac{1}{\tau}. \qquad (1.1)$$

Скорость передачи в телеграфии принято измерять в Бодах. Это название – признание заслуг французского изобретателя Жана Бодо, внесшего существенный вклад в развитие электросвязи. Стандартная скорость для телеграфного аппарата составляет 50 Бод. Это означает, что длина импульса составляет 20 мс.

Первые системы телеграфной связи передавали в линии импульсы постоянного тока, которые – в идеале – имели прямоугольную форму. Спектр таких сигналов состоит из бесконечного числа гармоник. Это означает, что для отсутствия искажения переданных сигналов необходима бесконечно широкая полоса частот. С практической точки зрения для корректного приема сигнала следует определить: знак переданного сигнала при его двухполярном представлении или наличие (отсутствие) сигнала при однополярной трансляции. Тогда требования к необходимой полосе частот меняются весьма существенно. В частности, для скорости телеграфирования 50 Бод достаточна полоса передачи в 50 Гц. В любом случае исходный сигнал принимал два состояния – "1" или "0".

В дальнейшем для систем телеграфной связи стали использоваться каналы тональной частоты (ТЧ) с полосой пропускания 300 – 3400 Гц. По мере появления цифровых систем передачи (ЦСП) для организации телеграфной связи были задействованы ресурсы основного цифрового канала (ОЦК), скорость которого равна 64000 бит/с. При использовании канала ТЧ импульсы модулировались. Чаще всего применялась частотная модуляция. Например, импульс "1" представляется частотой f_1, а импульс "0" – частотой f_2. Для варианта применения ОЦК были разработаны различные способы "укладки" импульсов "0" и "1" в канальные интервалы ЦСП.

С точки зрения оператора связи чаще всего используется такая классификация:

- телеграфная сеть общего пользования (ТГОП);

Телеграфная сеть общего пользования (Тлг ОП) предусматривает организацию по всей стране отделений связи городских (ГО), районных (РО), сельских (СО), в которых отправители сдают телеграммы, а отделения связи обеспечивают доставку телеграмм непосредственно полу-

чателю. Тлг ОП базировалась на принципах КС, КК и их сочетаний. В перспективе на сети будут использоваться только методы КС и КП.

ТГОП предназначена для передачи телеграмм, принимаемых от физических и юридических лиц в отделениях связи или по телефону. В последнем случае речь идет об одной из дополнительных услуг телеграфной связи. Следует подчеркнуть, что телеграмма имеет статус документа. Телеграфирование, по этой причине, обычно рассматривают как один из видов документальной электросвязи.

•абонентское телеграфирование.

Абонентское телеграфирование (АТ) основано на установке терминала телеграфной связи у юридического лица. Быстрота доставки (оперативность) – одно из важных свойств абонентского телеграфирования. Кроме того, возникает возможность диалога – телеграфных переговоров. Международная сеть абонентского телеграфирования получила название ТЕЛЕКС.

Абоненту сети АТ предоставляются следующие возможности:

- получение немедленного соединения с любым другим абонентом этой сети и ведение с ним телеграфные переговоры поочередной двусторонней связи;
- передача телеграмм другим абонентам сети АТ независимо от присутствия обслуживающего персонала у приемного аппарата;
- соединение со станционным аппаратом своего узла коммутации для передачи сообщений абонентам, не включенным в сеть АТ;
- прием информации, поступившей от абонента другой сети через местный узел коммутации.

в) *Разновидностью абонентского телеграфа является международный абонентский телеграф «Телекс».*

Он предназначен для обеспечения документальной связью посольств, торгпредставительств, иностранных корреспондентов и иных абонентов, передающих сообщения в другие страны. Эта сеть объединяет до 100 стран. Набор номера абонента обычно осуществляется с клавиатуры телеграфного аппарата. При этом телеграфный аппарат вызывающего абонента включается сразу же после сигнала вызова. Набор номера вызываемого абонента осуществляется передачей на узел коммутации стартстопных комбинаций. Все сигналы, поступающие со станции на аппарат абонента, также передаются стартстопными сигналами («Ответ станции», «Соединение», «Занято» и др.).

«Телетекс» – *документальная система передачи деловой буквенно-цифровой корреспонденции, построенная по абонентскому принципу, т. е. с возможностью диалога. Эта служба явилась результатом слияния сети «Телекс» и современных телетайпов, имеющих расширенные возможности, например F-2500.*

Структура ТГОП, показана на рис. 1.10. Она представляет собой сложную конфигурацию связи между смежными вершинами.

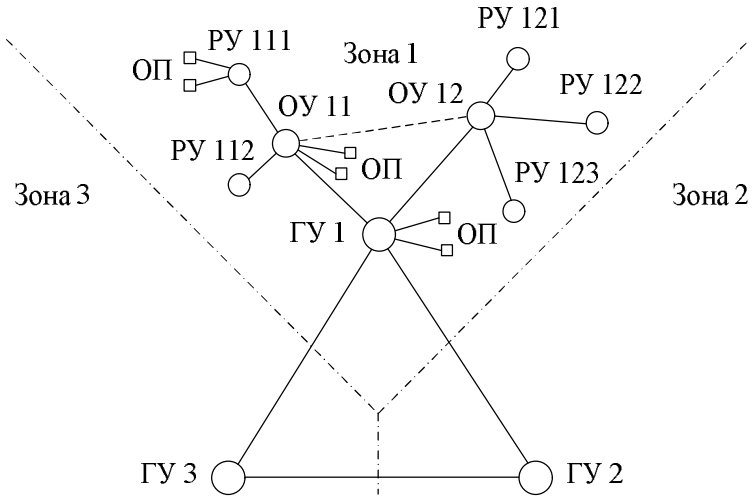


Рис. 1.10. Структура телеграфной сети общего пользования

Главные узлы (ГУ) размещаются в крупных административных центрах, для которых характерен большой транзитный телеграфный обмен. Все ГУ связаны между собой по принципу "каждый с каждым". Один ГУ обслуживает зону нумерации. Остальные узлы ТГОП изображены только для первой зоны. Ее номер отражен в виде первого знака каждого узла.

Областной узел (ОУ) устанавливается в каждом субъекте Федерации. Он обязательно соединяется с ближайшим ГУ. Кроме того, при большом трафике могут организовываться и другие связи. На рис. 1.10 пунктирной линией показана возможная линия связи между ОУ11 и ОУ12.

Нижний уровень иерархии ТГОП образуют районные узлы (РУ). Они обычно соединяются только с одним ОУ. Оконечные пункты (ОП) могут включаться во все виды узлов, что показано на рис. 1.10. Это означает, что все виды узлов ТГОП выполняют функции оконечно-транзитной связи. Обычно коммутационное оборудование ТГОП и

АТ совмещается в едином аппаратно-программном комплексе. Более того, на начальном этапе развития передачи данных (ПД) эти комплексы поддерживали возможность обмена всеми видами дискретной информации (но с низкими скоростями).

Для систем АТ терминальное оборудование телеграфной связи снабжалось устройствами, которые обеспечивали установление соединений, ответ (при отсутствии оператора-телеграфиста) и ряд дополнительных функций. Структура сети, показанная на рис. 1.10, практически не зависит от вида коммутации, который используется в ТГОП. В сети АТ используется закрытая шестизначная система нумерации. Номер записывается в таком виде: ABCabc. Первые три символа определяют номер узла. Следующие три символа идентифицируют терминал в сети АТ.

Коммутация в телеграфии. В последней четверти XX в. началось радикальное изменение технологии коммутации в телеграфной сети. Сначала были использованы новые методы коммутации сообщений. Затем стало очевидным, что лучше всего ориентироваться на коммутацию пакетов. Телеграфия стала "вытесняться" другими видами связи. С другой стороны, данный вид коммуникаций оставался очень важным как средство документальной связи. По этим причинам целесообразно максимально интегрировать сети телеграфной связи в единую телекоммуникационную систему.

Время доставки сообщений. Ранее выделялись следующие виды телеграмм: вне категории, внеочередные, высшие правительственные, правительственные, срочные, обыкновенные. Обыкновенная телеграмма должна быть передана получателю за *10 ч*, а срочная–в *два раза быстрее*. В пределах города эти сроки укорачиваются до *четырех и двух часов* соответственно. Если адресат проживает в местности, где нет телеграфной связи, допускается задержка в доставке сообщения до *20 ч*.

Перспективы телеграфной связи

Основная причина кризиса телеграфии заключается в отставании ее возможностей от уровня современных требований к услугам документальной электросвязи. Это обстоятельство усугубляется серьезной конкуренцией со стороны интенсивно развивающихся современных видов документальной связи: передача данных, электронная почта, факсимильная связь.

Снижение спроса на услуги телеграфной связи и рост потребностей на современные услуги документальной электросвязи является общемировой тенденцией. В Японии некоторые компании все еще поддерживают сервис по отправлению и доставке традиционных телеграфных сообщений.

1.5. Сети передачи данных

По сравнению с традиционными телеграфными сетями к сетям ПД предъявляются более жесткие требования по верности, скорости передачи и надежности. *Вторичная сеть ПД* – это совокупность аппаратных и программных средств для ПД между ЭВМ, а также между пользователями и ЭВМ.

Поскольку сеть ПД является основой, ядром для создания информационно-вычислительных сетей (ИВС), она иногда называется *базовой сетью ПД.*

а) Цифровые сети передачи данных с коммутацией каналов.

Цифровые сети ПД по сравнению с традиционными сетями характеризуются высокой верностью, большими скоростями передачи, малым временем установления соединения и высокой надежностью. Вероятность ошибки на знак в этих сетях $\leq 10^{-6}...10^{-7}$, скорость передачи по высокоскоростным каналам ПД–десятки, сотни Кбит/с и десятки Мбит/с. Благодаря цифровым системам коммутации сокращается время установления соединения до нескольких секунд и меньше. Надежность в цифровых сетях обеспечивается за счет более высокой надежности ее элементов: реализации ЦСП на БИС, резервирования оборудования систем коммутации, а также благодаря гибкой системе управления сетью на базе ЭВМ. Эта система позволяет оперативно управлять сетью ПД, эффективно контролировать ее состояние, а в случае выхода из строя отдельных участков сети быстро находить обходные пути.

Применение в цифровых сетях ПД управляющих систем позволяет ввести большой набор новых услуг, например, организацию закрытых групп пользователей, прямой и сокращенный вызов, идентификацию вызываемого абонента.

б) Сети передачи данных с коммутацией сообщений. *В* сетях передачи данных с коммутацией сообщений сообщение, кроме данных,

содержит служебные признаки, в т. ч. адрес получателя, категорию сообщения и т. д.

В ЦКС служебная часть анализируется, и сообщение передается в следующий ЦКС в соответствии с выбранным направлением. Сообщение ставится в очередь и находится в памяти ЦКС, пока все сообщения, находящиеся в очереди перед ним, не будут переданы. Сообщения между ЦКС передаются с более высокими скоростями, чем на абонентском участке, однако задержки в сети с КС зависят не от времени передачи по каналу связи, а от времени нахождения сообщения в очереди ЦКС. Это время зависит от нагрузки сети, производительности ЦКС и ряда других факторов.

Переменное и значительное время доставки сообщений через сеть КС является одной из основных особенностей сетей ПД-КС. В силу этого обстоятельства отсутствует возможность работы в реальном масштабе времени и невозможность режима диалога. Другой особенностью сети ПД-КС является то, что за доставку сообщения отвечают непосредственно технические средства сети, а не пользователи, т. к. у отправителя нет прямой связи с получателем.

При объединении большого числа АП в составе сети ПД-КС она должна иметь иерархическую структуру, содержащую несколько уровней. На рис. 1.11 приведен фрагмент участка сети ПД-КС, состоящий из четырех уровней.

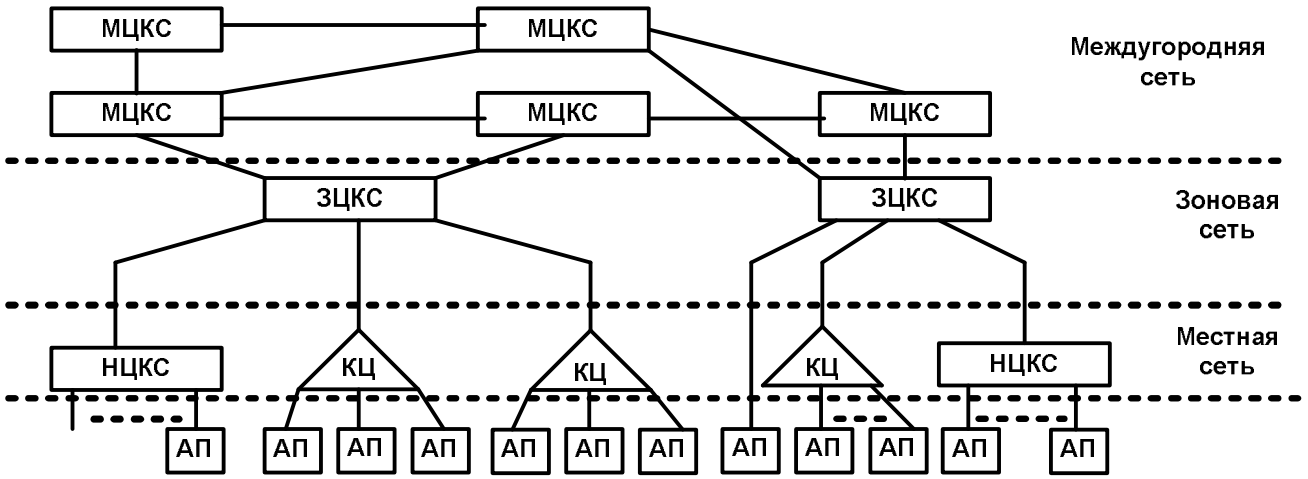


Рис. 1.11. Фрагмент сети ПД-КС

На верхнем уровне располагаются междугородные МЦКС, на следующем – зоновые ЗЦКС, далее – низовые центры НЦКС и концентраторы КЦ и на самом нижнем уровне – АП. Связь МЦКС между собой осуществляется по полносвязной схеме, скорости передачи 4800 бит/с и выше. Непосредственно к МЦКС могут подключаться крупные вычислительные центры коллективного использования ВЦКП.

Зоновые центры ЗЦКС для обеспечения живучести и повышения надежности сети в целом подключаются не менее чем к двум МЦКС. Скорость передачи от ЗЦКС к МЦКС обычно 2400 или 4800 бит/с.

По радиальным направлениям к ЗЦКС подключаются НЦКС и КЦ для более эффективного использования каналов на нижних уровнях сети. Скорости передачи составляет 1200 или 2400 бит/с. Абонентские пункты (АП) подключаются, как правило, к НЦКС и КЦ и передают данные со скоростями 50... 1200 бит/с. При более высокоскоростной передаче АП может непосредственно включаться в ЗЦКС.

В сетях ПД-КС оптимальный путь должен выбираться в каждом ЦКС с учетом состояния других ЦКС, расположенных на направлении передачи.

в) Сети передачи данных с коммутацией пакетов. При коммутации пакетов сообщения делятся на пакеты, передающиеся по сети с высокой скоростью, малой вероятностью ошибки и небольшой задержкой.

При этом более эффективно используются удаленные вычислительные ресурсы, пропускные способности каналов связи и производительности коммутационных систем.

Пакетом называется последовательность двоичных символов, состоящая из данных, сигналов управления соединением и поля контроля ошибок, которые располагаются в определенном формате. Пакеты обычно имеют длину порядка 1000 бит и образуются путем разделения более длинного сообщения на части.

На рис. 1.12 представлен фрагмент сети ПД-КП, включающий четыре уровня. На верхнем уровне располагаются междугородные центры коммутации пакетов МЦКП, на третьем уровне – зоновые центры ЗЦКП, на втором–концентраторы КЦ и на первом – оборудование пользователей, которое может включать АП стартстопного, синхронного и пакетного типов, ПЭВМ и вычислительные центры, оборудованные процессорами телеобработки (ПТ).

В состав сети ПД-КП входят шлюзы – специальные устройства, через которые взаимодействуют с сетью ПД-КП другие сети.

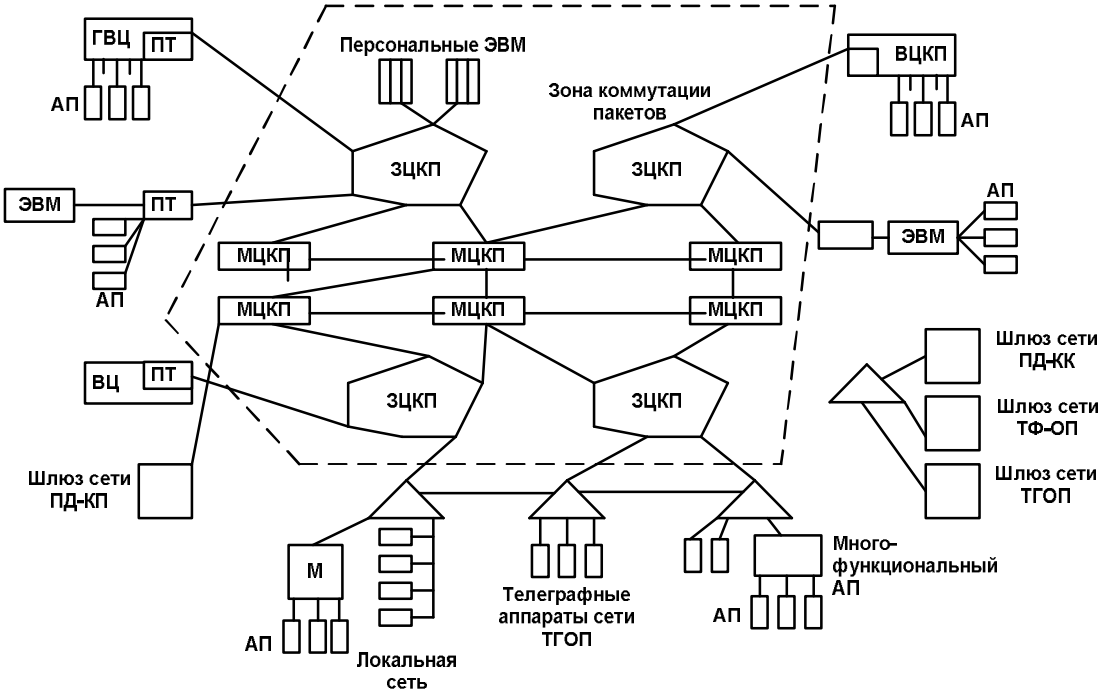


Рис.1.12. Фрагмент сети ПД-КП

Основным протоколом взаимодействия сети ПД-КП является рекомендация Х.25 МСЭ-Т (МККТТ). Этот протокол определяет процедуры взаимодействия между пакетными ООД (оконечное оборудование данных) и АКД (аппаратура окончания канала данных).

В сетях ПД-КП обеспечивается эффективное использование связных и вычислительных ресурсов на основе мультиплексирования каналов, контроля потоков и маршрутизации.

По сравнению с сетями ПД-КК и ПД-КС существенно повышается производительность, надежность и верность передачи, значительно сокращается время доставки сообщения.

1.5.1. Структура информационно-вычислительной сети

Для создания крупномасштабных систем обработки данных вычислительные центры и ЭВМ, обслуживающие отдельные предприятия и организации, объединяются с помощью средств передачи данных в информационно-вычислительные сети ИВС (рис. 1.13).

ИВС подразделяются на **четыре** взаимосвязанных объекта:

- базовая сеть передачи данных;
- сеть ЭВМ;
- терминальная сеть;
- администратор сети.

Базовая сеть ПД – совокупность аппаратных и программных средств для ПД как между ЭВМ, так и между другими устройствами ИВС. Состоит из каналов связи и узлов коммутации (центров коммутации). Обычно УК реализуется на основе коммутационной ЭВМ и АПД. Таким образом, базовая сеть ПД является ядром ИВС, обеспечивая физическое объединение ЭВМ и прочих устройств.

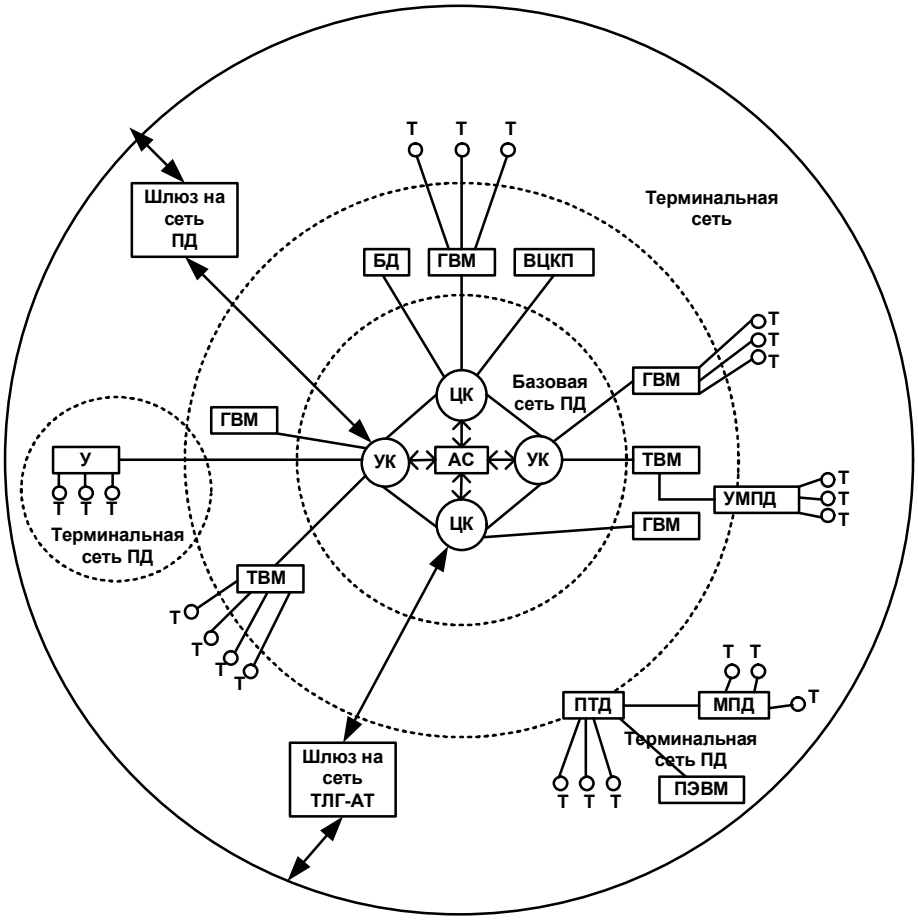


Рис.1.13. Структура ИВС

БД - банк данных; ГВМ - главная ЭВМ; ВЦКП - вычислительный центр коллективного пользования; ПЭВМ - персональная ЭВМ; АС - администратор сети; УМПД - удаленный ПТД -процессор телеобработки данных; УК - узел коммутации; ЦК -центр коммутации; МПД - мультиплексор ПД; ТВМ - терминальная ЭВМ; мультиплексор ПД

Сеть ЭВМ – совокупность ЭВМ, объединенных базовой сетью ПД. Сеть ЭВМ включает в себя главные ЭВМ (ГВМ), банки данных (БД), вычислительные центры коллективного использования (ВЦКП), а также терминальные ЭВМ (ТВМ). Основная задача ТВМ – сопряжение терминалов с базовой сетью ПД. Эту функцию могут выполнять также ПТД (процессоры телеобработки данных) и УМПД.

Терминальная сеть–совокупность терминалов и терминальных сетей ПД. Под терминалом понимаются устройства, с помощью которых абоненты осуществляют ввод/вывод данных. В качестве терминалов могут использоваться интеллектуальные терминалы (ПЭВМ) и АП (абонентские пункты).

Для подключения терминалов к сети ЭВМ, кроме, естественно, каналов связи, применяются терминальные ЭВМ (ТВМ), УМПД (удаленные мультиплексоры ПД), ПТД (процессоры телеобработки данных).

Административная система обеспечивает контроль состояния ИВС и управление ее работой в изменяющихся условиях. Данная система включает специализированные ЭВМ, терминальное оборудование и программные средства, с помощью которых:

- включается или выключается вся сеть или ее компоненты;
- контролируется работоспособность сети;
- устанавливается режим работы сети и ее компонентов;
- устанавливается объем услуг, предоставляемых абонентам сети, и т. д.

Шлюзовые элементы ИВС обеспечивают совместимость как базовой сети ПД, так и всей ИВС с другими внешними сетями. Протоколы внешних ИВС могут отличаться от имеющихся протоколов. Поэтому шлюзы при необходимости обеспечивают преобразование и согласование интерфейсов, форматов, способов адресации и т. п. Шлюзы реализуются на специализированных ЭВМ.

*Телематические службы. Н*аметилась тенденция приблизить сетевые и сервисные службы к потребителю. Для этих целей широко используются такие средства, как ПЭВМ, телефон, телевизор. МСЭ-Т ввел новый термин – *телематические служб,* т. е. услуги, предоставляемые пользователю без использования специальных связных оконечных устройств.

«Телетекст» и «видеотекс». Данные системы обеспечивают следующие услуги: реклама и осуществление покупок, не выходя из дома; финансово-коммерческие сделки, курс акций на бирже; электронно-справочная система, списки программ радио и телевещания; передача новостей, погоды, спорта.

Система *«телетекст»* использует сеть ТВ вещания или кабельного телевидения для передачи буквенно-цифровых данных на экраны бытовых телевизоров из специального информационно-вычислительного центра (ИВЦ). Для выбора программ или услуг используется обычный телефонный аппарат с тастатурой или специальной клавиатурой, подключаемой к телефонному аппарату. Схема системы «телетекст» приведена на рис. 1.14. Страница передаваемого текста остается на экране до ее циклической замены. Текст может передаваться независимо от телепрограмм со скоростью 1200 бит/с во время обратного хода луча кадровой развертки. *Основной недостаток* – централизованная выдача сведений всем пользователям сразу. Электронная почта регламентируется рекомендацией МСЭ-Т X.400.

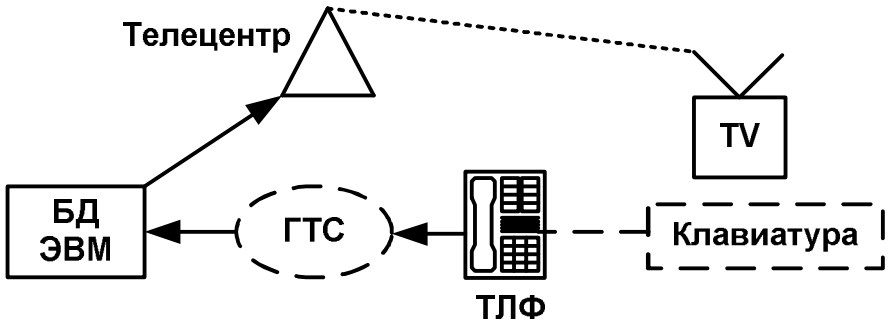


Рис. 1.14. Структура системы «Телетекс»
БД - банк данных; ГТС - городская телефонная сеть; TV - телевизор; ТЛФ - телефон

Цифровые факсимильные системы. Системы «телефакс» и ««датафакс»» являются абонентскими системами, т. е. оконечное оборудование расположено непосредственно у пользователя. Причем *«телефакс»* работает по каналу телефонной сети ОП и поэтому для создания этой сети пользователям достаточно приобрести современный факсимильный аппарат. Система *«датафакс»* работает по сетям передачи данных. Система *«бюрофакс»* является системой общего

пользования, т. е. оконечное оборудование расположено на предприятии связи.

Современные факсимильные системы являются цифровыми, работающими по телефонной сети со скоростью до 4800 бит/с, а по сетям ПД – до 48 кбит/с. В факсимильных аппаратах осуществляется эффективное кодирование для сжатия информации до 10 раз.

Проводятся интенсивные разработки по созданию комбинированного факсимильного и буквенно-цифрового оконечного устройства.

Активно проводятся исследования по созданию читающих автоматов, позволяющих считывать даже рукописный текст. При этом появится возможность рукописный текст воспроизводить уже в машинописном виде.

Обмен данными как новый вид электросвязи. В настоящее время термин "data transmission" часто используется для описания процессов обмена различной информацией. Ранее этот термин применялся для информации, которая предназначалась для обработки в компьютере или уже обработанной средствами вычислительной техники. В рекомендации ITU-T X.902 (редакция 1995 г.) определение термина "данные" сформулировано так: "The representation forms of information dealt with by information systems and users thereof". Трансформация термина связана с процессами интеграции и конвергенции в современной инфокоммуникационной системе.

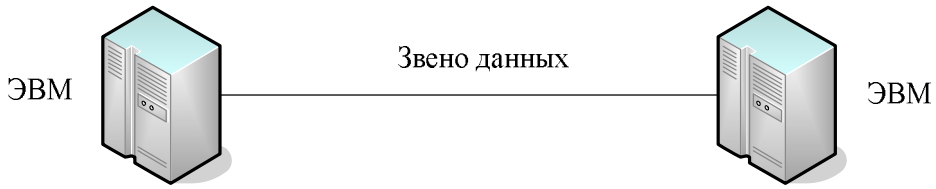
Для объединения вычислительных ресурсов, использования общих программ, хранения данных использовались арендованные или специально построенные линии. Вариант (а) на рис. 1.15 иллюстрирует связь двух ЭВМ звеном передачи данных. Звено передачи данных представляет собой двухсторонний канал передачи данных.

Вариант (б) показывает второй вид систем обмена данными. Для коллективного использования вычислительных ресурсов терминалы связывались с ЭВМ индивидуальными абонентскими линиями. Топологии "шина", "кольца" и другие стали использоваться позже.

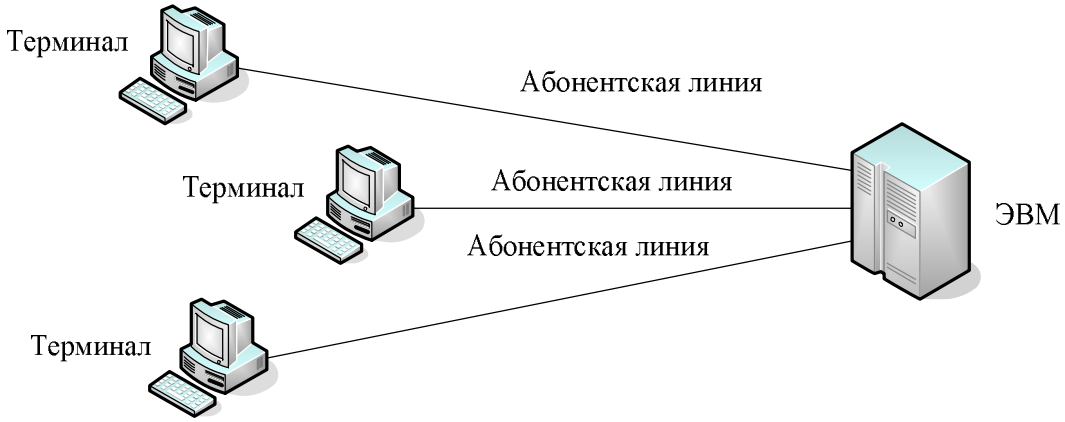
Эта сеть не содержала ни устройств распределения информации, ни средств управления. Тем не менее, именно она послужила прототипом Internet, претерпев, конечно, ряд радикальных изменений.

Три последние буквы – сокращение от слова "network" – сеть. Одна из основных целей ARPANET заключалась в объединении вычислительных ресурсов всех участников разработок, проводимых в

интересах Министерства обороны США. Эта сеть быстро росла и совершенствовалась. В 1984 г. она разделилась на две сети. Одна из сетей стала открытой. Она сохранила название ARPANET. Вторая сеть стала развиваться в интересах Министерства обороны США.



а) Связь двух ЭВМ



б) Связь терминалов с ЭВМ

Рис. 1.15. Первые системы обмена данными для Mainframe

Официально ARPANET прекратила свое существование. Это объясняется тем, что самое эффективное развитие Internet могла обеспечить сеть NFS Национального научного фонда США. Этот фонд финансировал создание и эксплуатацию ряда других сетей, но не таких крупных. В 1985 г. при поддержке Национального научного фонда были созданы крупные вычислительные центры для использования всеми университетами США. Эти центры были объединены сетью обмена данными. Ряд университетов к этому времени создали свои сети обмена данными, в которых был использован стек протоколов TCP/IP.

Основная цель развития Internet в середине 80-х годов формулировалась так: обеспечение дистанционного доступа к вычислительным ресурсам, которые представляли собой мощные ЭВМ.

1.5.2. Современные системы обмена данными

В 90-х годах на рынке вычислительной техники важную роль стали играть персональные компьютеры (ПК). Задача дистанционного доступа к вычислительным ресурсам стала менее актуальна. На первый план вышли проблемы информационного рынка. С одной стороны, Internet можно рассматривать как одно из эффективных средств информационного обслуживания. В этом смысле Internet представляет собой информационную систему. Анализ такой системы целесообразно осуществлять, используя соответствующие методы информатики и других смежных дисциплин. С другой стороны, Internet можно рассматривать как совокупность взаимосвязанных сетей, что, кстати, точнее отражает перевод этого слова на русский язык. Это означает, что Internet – телекоммуникационная сеть.

Отождествлению Internet с информационной системой способствует то, что именно Всемирная паутина (WWW) стала основной услугой Internet. Это не умаляет значения Internet для электронной почты (e-mail), передачи файлов (FTP), интерактивной переписки (Chat) и других приложений. Для Internet характерна специфическая технология. Это объясняется особенностями телекоммуникационных технологий и информационных процессов, которые не были свойственны телефонии.

Целесообразно ввести несколько определений, которые будут полезны для дальнейшего изложения материала, касающегося Internet.

1. Домен (domain). Каждой стране выделено некоторое кодовое обозначение длиной две-три буквы латинского алфавита, которое называется доменом первого уровня. Если адрес заканчивается буквами "ru", то соответствующий сайт находится в домене России. Существуют также домены первого уровня, которые связаны не с географией, а с направленностью сайта. Например, буквы "com" используются для коммерческих организаций, а буквы "edu" для образовательных учреждений. Домены второго уровня выдаются организациям и частным лицам в аренду. Домен второго уровня, также как и следующих, должен состоять из цифр и букв латинского алфавита. Выбирая домен второго уровня для своего сайта, как правило, стараются найти слово, которое будет соответствовать названию организации, товара или направления деятельности, а также легко читаться и запоминать-

ся. Обладатель домена второго уровня имеет возможность создавать неограниченное количество адресов третьего и далее уровней.

2. Поисковая система (search engine). Эта система служит инструментом для поиска информации в Internet. Поисковые машины различаются по областям действия на локальные (ограничивающиеся, например, национальным доменом или определенным языком) и глобальные (они, в частности, качественно осуществляют поиск по сайтам в США, где размещается значительная часть информационных ресурсов). Большинство поисковых машин не требуют знания специального языка запросов. Достаточно указать в строке запроса несколько ключевых слов, определяющих область интереса пользователя. Основной объект для поисковой машины – тексты.

3. Сайт (site), Web-сайт (Web-site). Сайт – это место в Internet, которое определяется своим адресом, имеет своего владельца и состоит из нескольких Web-страниц, которые воспринимаются как единое целое. Обычно Web-страницы имеют идентичный дизайн. Строгого определения для термина "сайт" не существует. Например, некоторые разделы больших сайтов вполне могут восприниматься и даже определяться их владельцами как отдельные сайты.

4. Сервер (server, Web-server). Этот термин употребляется в трех различных значениях. Во-первых, он в некоторых случаях эквивалентен термину "сайт". Во-вторых, сервером называют компьютер, который обеспечивает работу сайта. В-третьих, так иногда именуется основная программа, которая обеспечивает работу Web-сайта. Главная задача сервера – передача страниц сайта по протоколу http.

5. Web-страница (Web-page). Web-страница представляет собой самостоятельную часть Web-сайта. Этот документ имеет уникальный адрес, который более известен по аббревиатуре URL.

6. Хост (host). Существует несколько толкований этого термина. Чаще всего хостом называют любое устройство (в том числе и ПК), подключенное к Internet и использующее стек протоколов TCP/IP. Реже под хостом понимают главную ЭВМ.

7. Web-браузер (browser). Данная программа предоставляет пользователю возможности по навигации и просмотру Web-ресурсов; скачиванию файлов, а также для ряда других операций.

8. HTTP. Протокол http определяет принципы передачи Web-страниц по сети Internet. Сначала протокол http использовался только для передачи html-документов. В настоящее время посредством http

можно передавать любую информацию, в том числе неподвижные изображения, звук, видео.

9. HTML. На этом языке браузеру (навигатору) сообщается, какой именно текст и другие элементы (рисунки таблицы и прочее) и каким образом нужно отображать на странице. На языке HTML не программируют, а особым образом размечают текст, который предназначен для публикации в Internet. Язык HTML позволяет связывать страницы между собой с помощью ссылок. Наличие ссылок – важное свойство Web-страниц.

10. IP-адрес. Этот адрес используется для идентификации узла в сети и для определения принципов маршрутизации. Адрес состоит из идентификаторов сети (network ID) и хоста (host ID), присвоенного сетевым администратором. Идентификатор сети – часть IP-адреса, которая определяет группу компьютеров и устройств одной логической сети. Идентификатор хоста – часть IP-адреса, определяющая принадлежность компьютера к определенной сети. Обычно IP-адрес записывают в виде четырех чисел со значениями от 0 до 255, разделенных точками.

11. DNS-сервер. Основная функция этих специальных Web-серверов – хранение информации об IP адресах и ее преобразование.

12. URL (Universal Resource Locator). Этот термин расшифровывается как адрес страницы в Internet. URL состоит из доменного имени, пути к странице на сайте и имени файла страницы. Как правило, файлы, содержащие Web-страницы, имеют расширения "htm" или "html".

Сеть Internet не имеет столь четкой структуры как ТФОП. Это объясняется тем, что Internet содержит некое множество сетей, каждая из которых создавалась без заранее установленных правил. По этой причине при описании структуры сети Internet лучше оперировать иными "строительными модулями", чем коммутационное оборудование, привычное, для анализа ТФОП.

В некоторых сетях, входящих в Internet, используются специфические протоколы маршрутизации. Характерным примером таких решений можно считать сети спутниковой связи. Подобная сеть обычно рассматривается как автономная система Internet, известная специалистам по аббревиатуре AS – Autonomous system. Связь между каждой парой AS может быть организована напрямую или через точ-

ки обмена трафиком IXP. На рис. 1.16 показан фрагмент сети Internet с пятью автономными системами. Для взаимодействия автономных систем разработан межсетевой протокол.

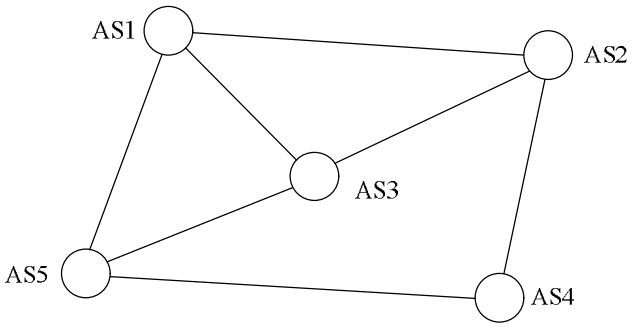


Рис. 1.16. Пример структуры сети Internet

Возможные маршруты обмена IP пакетами между двумя локальными сетями или компьютерами могут быть определены как совокупность маршрутизаторов, которые связаны между собой определенным образом. Кстати, среднее число маршрутизаторов в тракте передачи IP пакетов с 1998 по 2001 год увеличилось с 18 до 20.

На рис. 1.17 приведен пример фрагмента сети Internet, в котором между двумя локальными сетями показаны возможные пути обмена IP пакетами. В частности, подобная модель удобна для исследования вероятностно-временных характеристик процессов обмена IP пакетами. В каждом маршрутизаторе (R) возможны как задержки, так и потери IP пакетов.

Развитие Internet, подобно сетям мобильной связи, осуществляется стремительно, быстро расширяя клиентскую базу. С точки зрения качественных изменений и тех функциональных возможностей, которые предоставляются пользователям, Internet можно считать безусловным лидером.

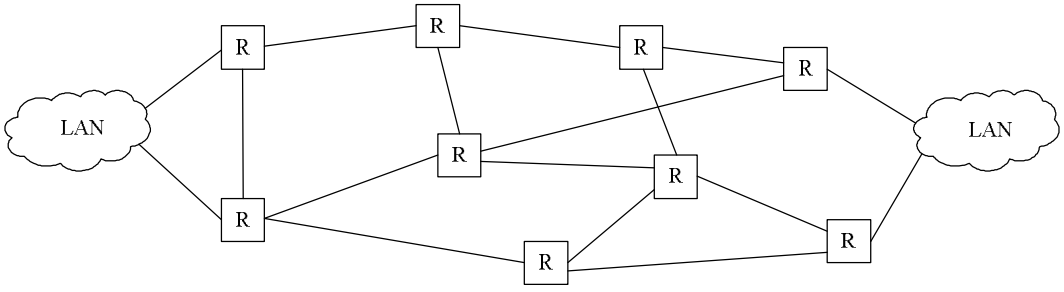


Рис. 1.17. Совокупность маршрутизаторов между двумя локальными сетями

Соответствующие процессы затрагивают многие аспекты экономики и социальной сферы. На рис. 1.18 показана схема, предлагаемая для анализа влияния Internet на инфокоммуникационную систему. Для этого анализа Internet рассматривается и как сеть электросвязи, и как информационная система.

Анализ факторов позволяет – в совокупности с другими тенденциями развития инфокоммуникаций – сформулировать следующие положения:

- Internet стимулирует повышение интеллекта тех сетей электросвязи, которые вовлекаются в процессы совместного предоставления ряда новых услуг;
- IP протокол начинает широко применяться во многих сетях электросвязи, создавая основы NGN;
- WWW и некоторые другие приложения требуют существенного рас-ширения пропускной способности транспортных сетей;
- Web-технологии все чаще применяются для решения задач техни-ческого обслуживания телекоммуникационного оборудования;
- основные принципы построения Internet постепенно изменяются, испытывая, в т. ч. влияние других сетей электросвязи.

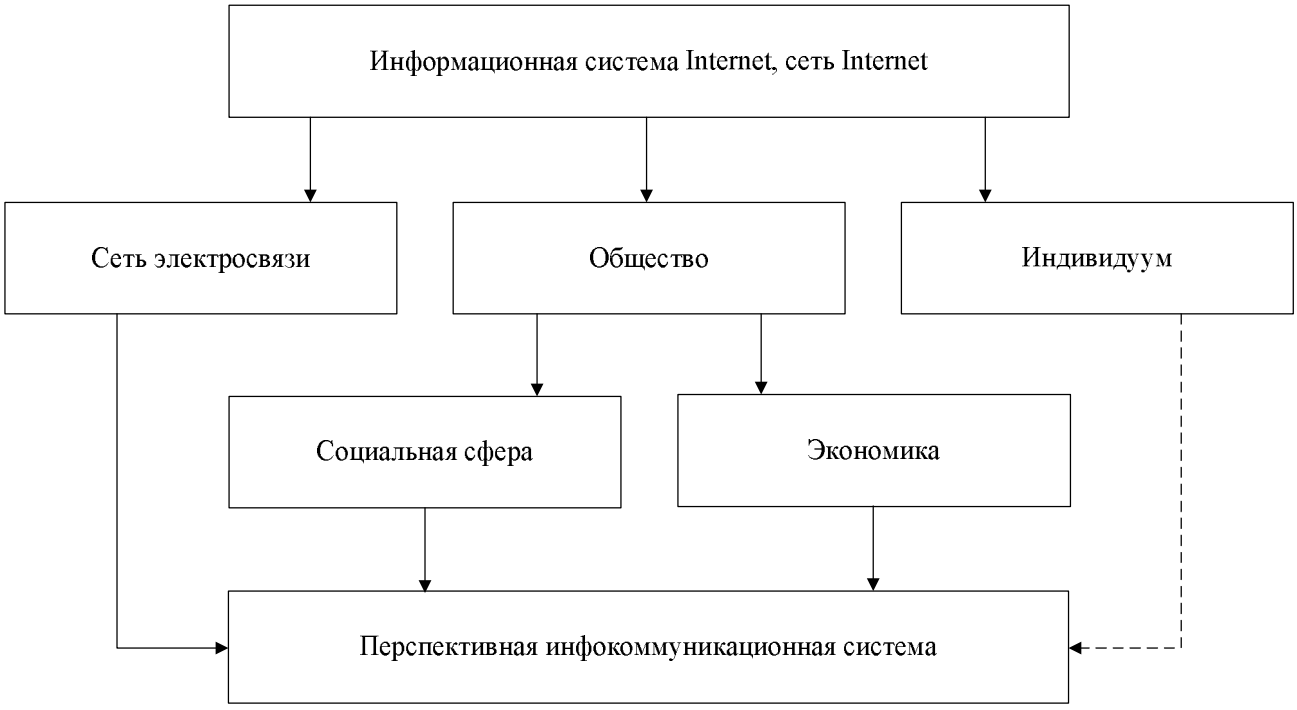


Рис. 1.18. Влияние Internet на инфокоммуникационную систему

Всем участникам инфокоммуникационного рынка хорошо знакомы положительные и отрицательные свойства нынешнего Internet. Их требования к следующему поколению Internet многообразны. Они показаны на рис. 1.19. Там же приведены примеры, позволяющие конкретизировать некоторые тенденции эволюции Internet.

Первый блок связан с улучшением условий работы пользователей. Эти условия, в конечном счете, определяют эффективность Internet с точки зрения пользователя, которая оценивается множеством показателей (производительность труда, комфортность и т. д.). В качестве характерных примеров этого аспекта развития Internet на рис. 1.19 показаны два важных направления – широкополосный доступ и мобильность. Эти тенденции не нуждаются в дополнительных комментариях.



Рис. 1.19. Некоторые аспекты эволюции Internet

Второй блок назван "Обеспечение новых видов обслуживания". В составе этого блока выделены два аспекта – быстрый и качественный перевод текстов, а также "интеллектуальная" помощь.

Перевод текстов может осуществляться за счет установки на ПК специального программного обеспечения. Как правило, качество ма-

шинного перевода не соответствует требованию большинства пользователей. Поэтому получение из Internet информации на том языке, который выбрал пользователь, можно считать весьма актуальным требованием. Безусловно, процесс перевода не должен быть длительным.

Под "интеллектуальной" помощью в данном случае понимается совокупность услуг, которые – вне Internet – могут оказывать высококвалифицированные специалисты. Один из характерных случаев такой помощи – анализ данных, относящихся к другой области знаний. В качестве другого примера можно назвать сложную математическую обработку результатов эксперимента.

Третий блок связан с управлением информационной системой Internet. Первый из приведенных примеров не нуждается в пространных комментариях. Во многих случаях необходима защита от несанкционированного доступа, хакерских атак, вирусов и прочих внешних воздействий. У специалистов назрели свои проблемы, также стимулирующие разумные средства регулирования Internet. Это, кстати, тоже сближает Internet и ТФОП.

Большой интерес у многих специалистов вызвали идеи Internet-2 и NGI – Internet следующего поколения.

1.6. Сети звукового и телевизионного вещания

Открытие радио стимулировало организацию системы звукового вещания. До широкого распространения телевидения звуковое вещание было единственным средством оперативной передачи информации большому числу абонентов. Первые сети звукового вещания доказали высокую эффективность нового вида электросвязи. Вскоре сети звукового вещания получили широкое распространение во всех развитых странах. Важная особенность звукового вещания – в отличие от систем телеграфной и телефонной связи – использование односторонних (симплексных) каналов для доставки информации.

На рис. 1.20 приведена классификация системы звукового вещания. Она не включает новые направления развития вещания, связанные с IP технологией.

Звуковое вещание может использовать радиоканалы и проводные средства связи. Обычно радиоканалы делятся по диапазонам выделенных частот: длинные, средние, короткие и ультракороткие волны.

Проводные каналы связи обычно делят: аналоговые и цифровые. Вне зависимости от среды распространения сигнала средства звукового вещания делят на однопрограммные и многопрограммные, а также на моно- и стереофонические.

Каналы обратной связи, реализованные в ряде систем звукового вещания, используются для контроля качества передаваемых сигналов и управления оборудованием. Информационная обратная связь обычно создается за счет использования сетей телефонной связи, а также Internet.

Типичные структуры звукового и телевизионного вещания представимы графами древовидной топологии. В некоторых случаях создаются резервные направления.

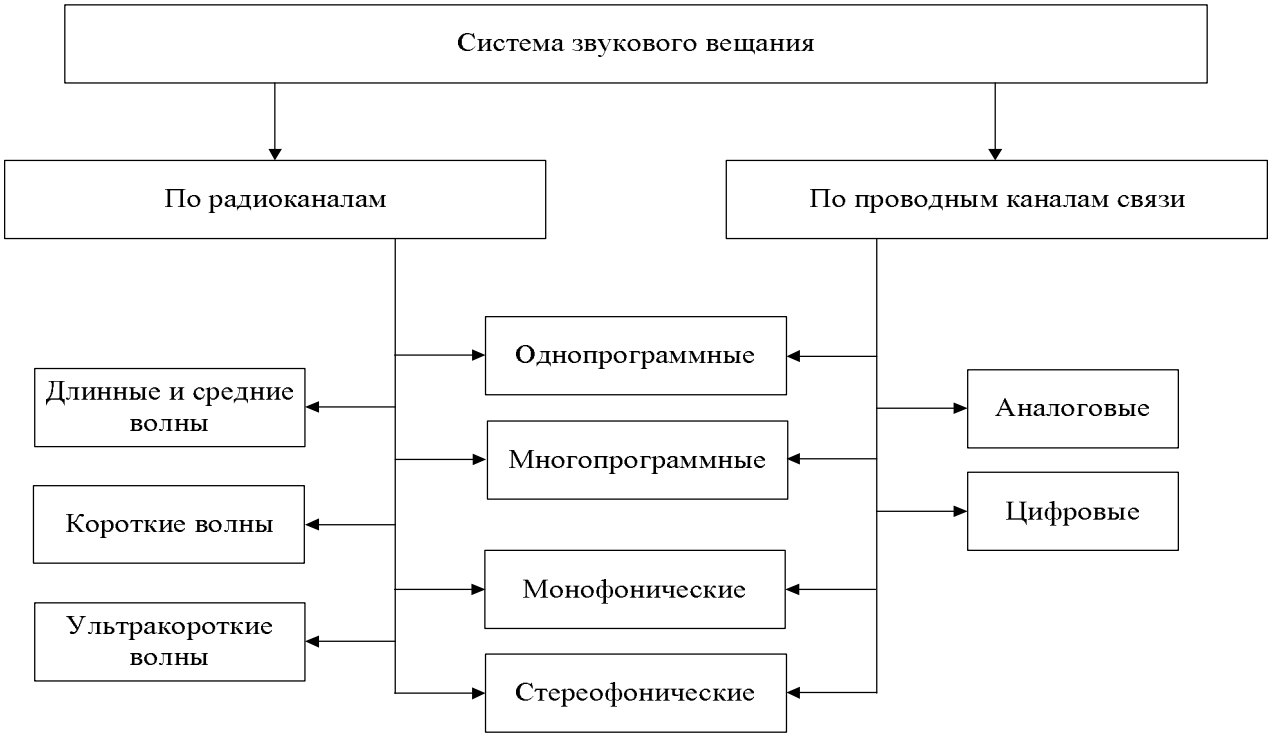


Рис. 1.20. Классификация систем звукового вещания

Пример структуры сети звукового и телевизионного вещания показан на рис. 1.21. Он содержит центры трех типов, которые различаются своим назначением. Каждый центр обслуживает определенную территорию. В границах этой территории распределение программ звукового (или телевизионного) вещания может осуществляться различными способами.

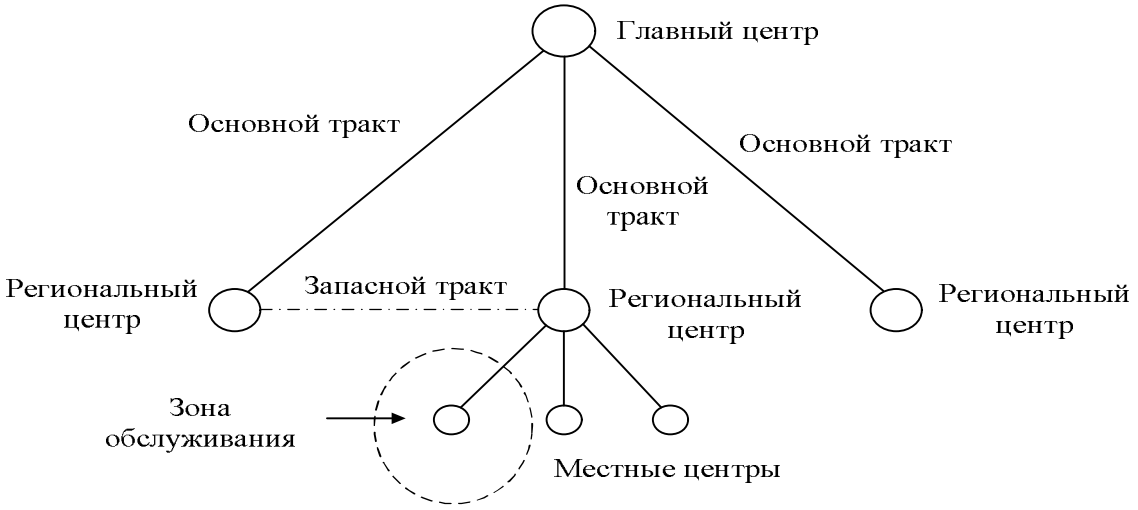


Рис. 1.21. Типичная структура сетей звукового и телевизионного вещания

Система телевизионного вещания. На рис. 1.22. приведена одна из возможных классификаций системы телевизионного вещания.

Телевизионное вещание может осуществляться за счет трех основных способов (и их сочетаний):

- излучение при помощи телевизионной башни с приемом на антенну (индивидуальную или коллективную);
- через систему кабельного телевидения, создаваемую специально для распространения общедоступных программ и предоставления дополнительных услуг;
- при помощи различного рода систем спутникового телевидения.

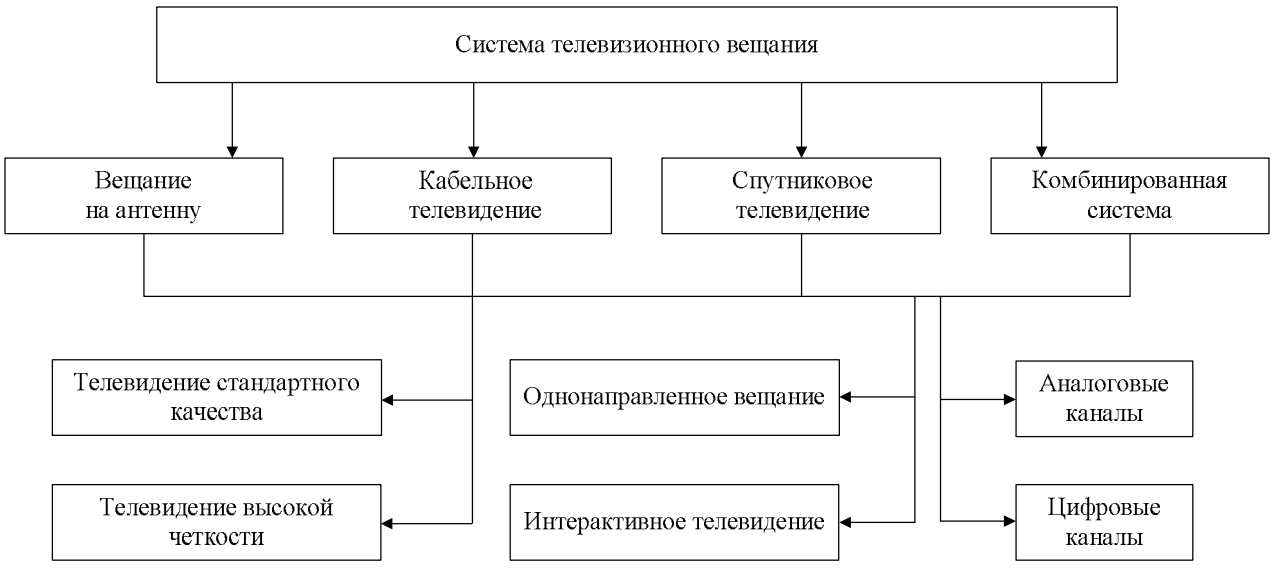


Рис. 1.22. Классификация систем телевизионного вещания

Другие классификационные признаки позволяют выделить телевидение стандартного качества и высокой четкости (HDTV). Можно также рассматривать классическое однонаправленное телевизионное вещание и интерактивное телевидение, в котором существует обратный канал, позволяющий управлять процессом получения информации. Кроме того, телевидение часто делят на аналоговое и цифровое. Они базируются на различных стандартах передачи изображений.

Типичная структура сети телевизионного вещания соответствует модели, которая была приведена на рис. 1.22.

Сеть телевизионного вещания построена на основе использования широкополосных телевизионных каналов. Источником сообщений являются аппаратные телестудии, в которые информация поступает из телестудии или из передвижных телеустановок. Из сети распределения телевизионных программ информация поступает на телецентры, которые излучают радиоволны и ведут вещание на телевизионные приемники, расположенные у населения. Обобщенная структурная схема сети телевизионного вещания приведена на рис. 1.23.

Организована эта сеть следующим образом: через соединительную линию программа из центральной аппаратной междугородного вещания или телевидения поступает по каналам первичной сети к тем сетевым узлам, к которым подключена аппаратная передающего телецентра; из аппаратной через антенну программа излучается в пространство.

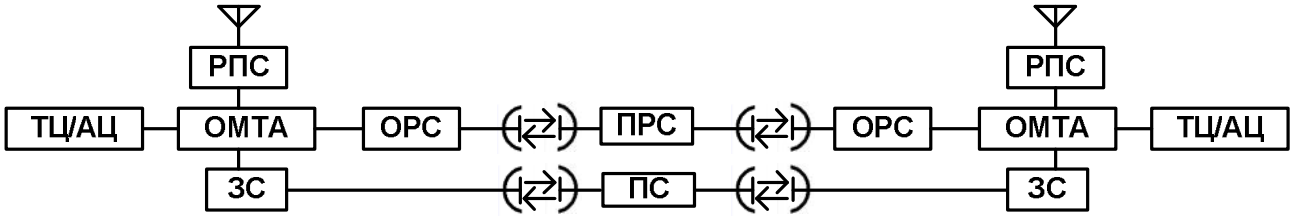


Рис. 1. 23. Структурная схема сети телевизионного вещания:
ТЦ – телецентр; АЦ – центральная аппаратная радиодома (источника телевизионных и радиовещательных программ); ОМТА – оконечная междугородная телевизионная аппаратная; РПС – радиотелевизионная передающая станция; ЗС – земная станция спутниковой связи; КС – космическая станция; ОРС – оконечная радиорелейная станция; ПРС – промежуточная радиорелейная станция

Для создания вторичной сети передачи телевизионных программ наиболее удобны каналы, полученные с помощью радиорелейных линий передачи и искусственных спутников земли (ИСЗ) и реже кабельных.

Перспективы развития звукового и телевизионного вещания. Среди множества тенденций развития систем звукового и телевизионного вещания следует выделить три важных направления.

Первое направление обусловлено процессами интеграции и конвергенции в инфокоммуникационной системе. Следствием этого процесса становится предоставление услуг звукового и телевизионного вещания на основе концепции NGN, которой посвящена следующая лекция. Проявлением этой тенденции можно считать переход к IP вещанию.

Второе направление связано с поддержкой интерактивности, отсутствовавшей системах звукового и телевизионного вещания. Интерактивность позволяет в полной мере получить услуги, которые нужны пользователю.

Третье направление отражает тенденции роста спроса к качеству связи. Подобные тенденции выражаются в виде возрастающей доли продаж высококачественного оборудования телевидения и радио для использования в жилых помещениях и в автомашинах. Также повышаются требования к переносным терминалам. Вторичные сети распределения программ радио-вещания, структурная схема которых приведена на рис. 1.24.

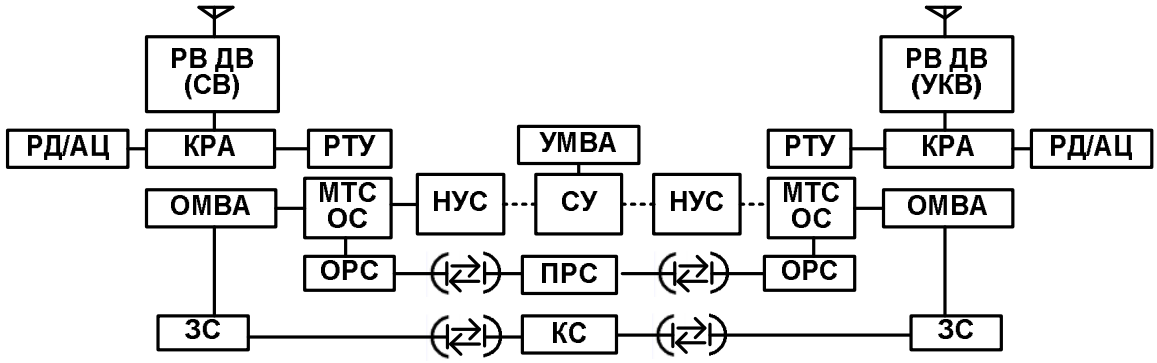


Рис. 1. 24. Структурная схема сети звукового вещания:

РД/АЦ – радиодом и его центральная аппаратная; КРА - коммутационно-распределительная аппаратная; РТУ - радиотрансляционный узел; ОМВА - оконечная междугородная вещательная аппаратная; УМВА - узловая междугородная вещательная аппаратная; РВ ДВ (СВ) - радиовещательный передатчик, работающий в диапазоне длинных (средних) волн; ОС - оконечная станция; НУС - необслуживаемая усилительная станция;

1.7. Построение корпоративной сети

Выбор топологии локальной сети. В локальной вычислительной сети (ЛВС) все рабочие станции должны быть соединены между собой. Если в ЛВС входит файл-сервер, он также должен быть подключен к рабочим станциям. Физическая схема, которая описывает структуру локальной сети, называется топологией. Существует три типа топологий: шинная, "звезда" и "расширенная звезда".

Шинная топология представляет собой топологию, в которой все устройства локальной сети подключаются к линейной сетевой среде передачи данных. Такую линейную среду часто называют каналом, шиной или трассой. Каждое устройство, станция или сервер, независимо подключается к общему шинному кабелю с помощью специального разъема, в соответствии с рис. 1.25.

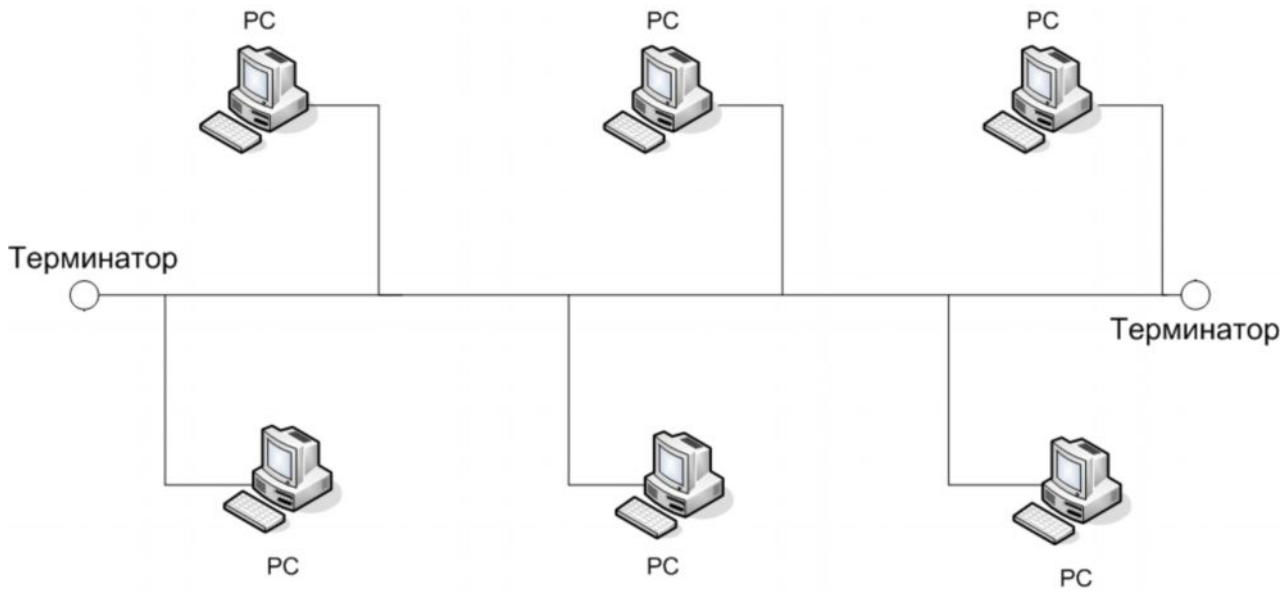


Рис. 1.25. Шинная топология

Шинный кабель должен иметь на конце согласующий резистор, или терминатор, который поглощает электрический сигнал, не давая ему отражаться и двигаться в обратном направлении по шине. Когда источник передает сигналы в сетевую среду, они движутся в обоих направлениях от источника, в соответствии с рис. 1.26. Эти сигналы доступны всем устройствам в ЛВС. Каждое устройство проверяет проходящие данные: если MAC- или IP-адрес пункта назначения, содержащийся в пакете данных, не совпадает с соответствующим адре-

сом этого устройства, данные игнорируются. Если же MAC- или IP-адрес пункта назначения, содержащийся в пакете данных, совпадает с соответствующим адресом устройства, то данные копируются этим устройством и передаются на канальный и сетевой уровни эталонной модели OSI.

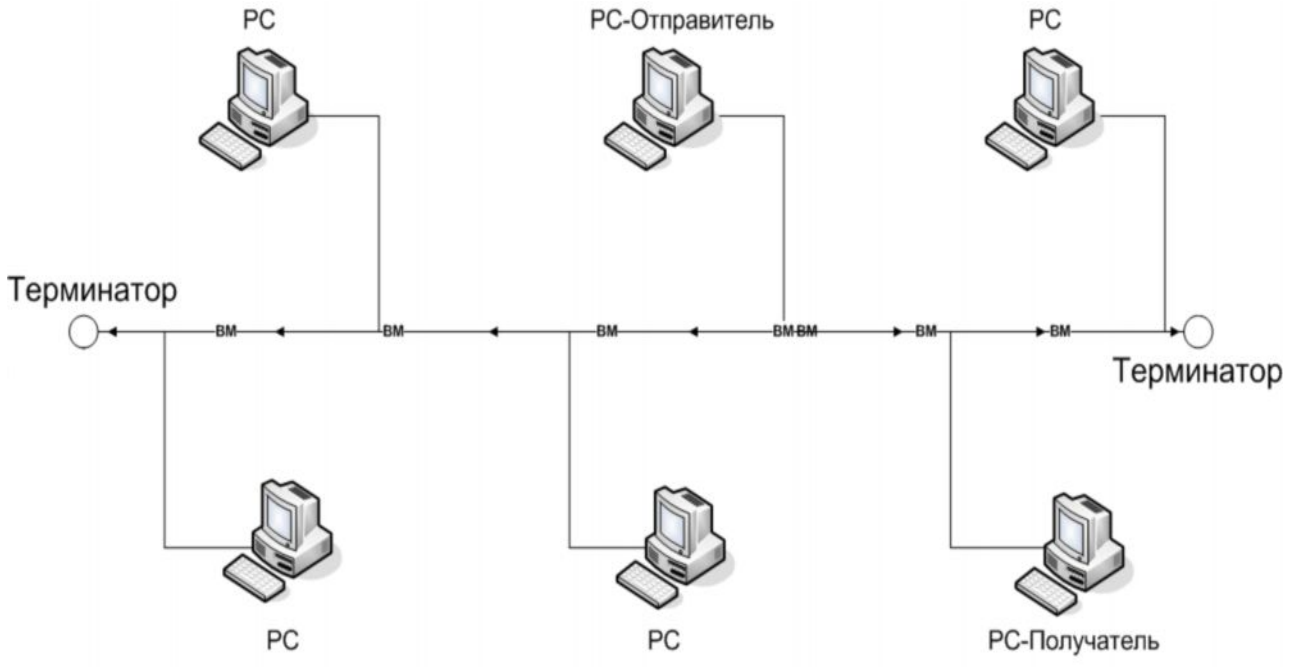


Рис. 1.26. Схема движения данных в сети с шинной топологией

На каждом конце кабеля устанавливается терминатор: когда сигнал достигает конца шины, он поглощается терминатором, что предотвращает отражение сигнала и повторный прием его станциями, подключенными к шине. Для того чтобы гарантировать, что в данный момент передает только одна станция, в сетях с шинной топологией используется механизм обнаружения конфликтов, иначе, если несколько станций одновременно попытаются осуществить передачу, возникнет коллизия. В случае возникновения коллизии, данные от каждого устройства взаимодействуют друг с другом (т. е. импульсы напряжения от каждого из устройств будут одновременно присутствовать в общей шине), и таким образом, данные от обоих устройств будут повреждаться. Область сети, в пределах которой был создан пакет и возник конфликт, называется доменом коллизий.

В шинной топологии, если устройство обнаруживает, что имеет место коллизия, сетевой адаптер отрабатывает режим повторной передачи с задержкой. Поскольку величина задержки перед повторной передачей определяется с помощью алгоритма, она будет различна для каждого устройства в сети, и, таким образом, уменьшается вероятность повторного возникновения коллизии.

Типичная шинная топология имеет простую структуру кабельной системы с короткими отрезками кабелей, поэтому по сравнению с другими топологиями стоимость ее реализации невелика, однако низкая стоимость реализации компенсируется высокой стоимостью управления. Фактически, самым большим недостатком шинной топологии является то, что диагностика ошибок и изолирование сетевых проблем могут быть довольно сложными, поскольку здесь имеются несколько точек концентрации. Другими словами, если шина обрывается, то ни одно из подключенных к ней устройств не сможет передавать сигналы.

Топология "звезда". В сетях, использующих топологию "звезда", сетевой носитель соединяет центральный концентратор с каждым устройством, подключенным к сети. Физический вид топологии "звезда" напоминает радиальные спицы, исходящие из центра колеса, в соответствии с рис. 1.27. В этой топологии используется управление из центральной точки, а связь между устройствами, подключенными к сети, осуществляется посредством двухточечных линий между каждым устройством и центральным каналом или концентратором.

Весь сетевой трафик в звездообразной топологии проходит через концентратор: вначале данные посылаются концентратору, а затем концентратор переправляет их устройству в соответствии с адресом, содержащимся в данных. В сетях с топологией "звезда" концентратор может быть активным или пассивным. Активный концентратор не только соединяет участки среды передачи, но и регенерирует сигнал, т. е. работает как много-портовый повторитель.

Благодаря выполнению регенерации сигналов, активный концентратор позволяет данным перемещаться на более значительные расстояния. В отличие от активного концентратора, пассивный только соединяет участки сетевой среды передачи данных.

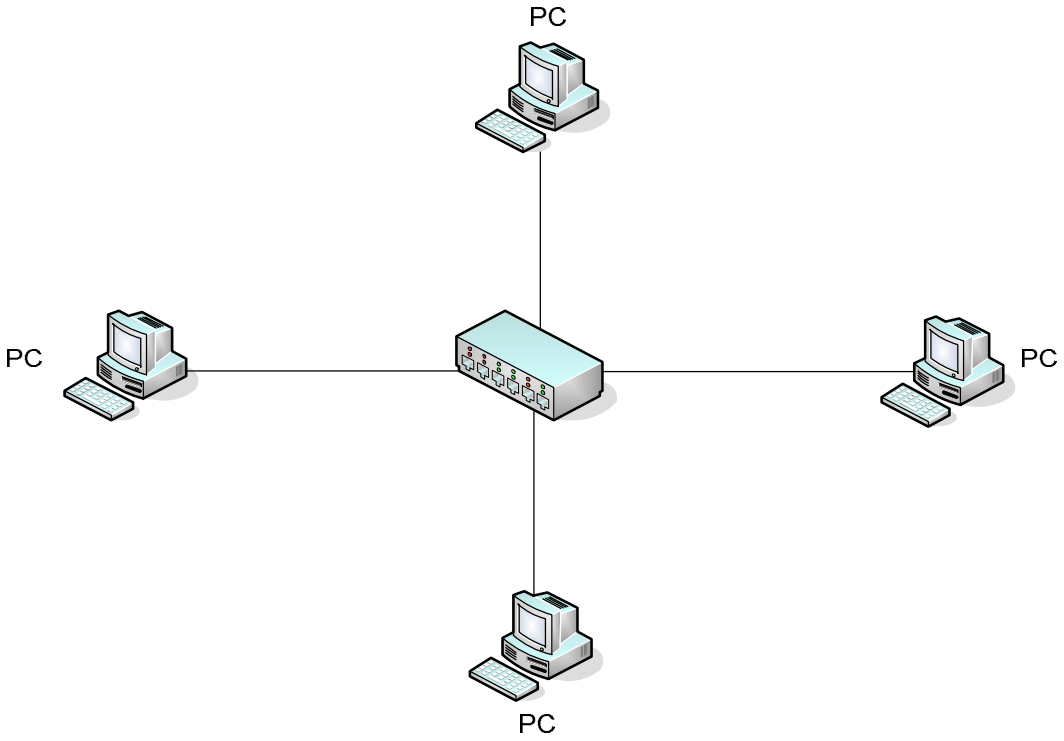


Рис.1.27. Топология "звезда"

Большинство проектировщиков сетей считают топологию "звезда" самой простой с точки зрения проектирования и установки. Это объясняется тем, что сетевая среда выходит непосредственно из концентратора и прокладывается к месту установки рабочей станции. Другим достоинством этой топологии является простота обслуживания: единственной областью концентрации является центр сети. Также топология "звезда" позволяет легко диагностировать проблемы и изменять схему прокладки.

Кроме того, к сети, использующей топологию "звезда", легко добавлять рабочие станции. Если один из участков сетевой среды передачи данных обрывается, то теряет связь только устройство, подключенное к этой точке, остальная часть сети будет функционировать нормально, в связи с этим топология "звезда" считается наиболее надежной.

Максимально допустимая длина отрезков сетевого кабеля между концентратором и любой рабочей станцией составляет 100 м. Следовательно, локальная сеть, использующая этот тип топологии, может покрывать область 200х200 м.

Топология "расширенная звезда". Когда сигнал покидает передающую станцию, он чистый и легко различимый, однако по мере движения в среде передачи данных сигнал ухудшается и ослабевает, чем длиннее кабель, тем хуже сигнал. Поэтому, если сигнал проходит расстояние, которое превышает максимально допустимое, нет гарантии, что сетевой адаптер сможет этот сигнал прочитать.

Чтобы сигналы могли распознаваться принимающими устройствами, используются повторители, которые берут ослабленный сигнал, очищают его, усиливают и отправляют дальше по сети. С помощью повторителей можно увеличить расстояние, на которое может простираться сеть, в соответствии с рис. 1.28. Повторители работают в тандеме с сетевыми носителями и, следовательно, относятся к физическому уровню эталонной модели OSI.

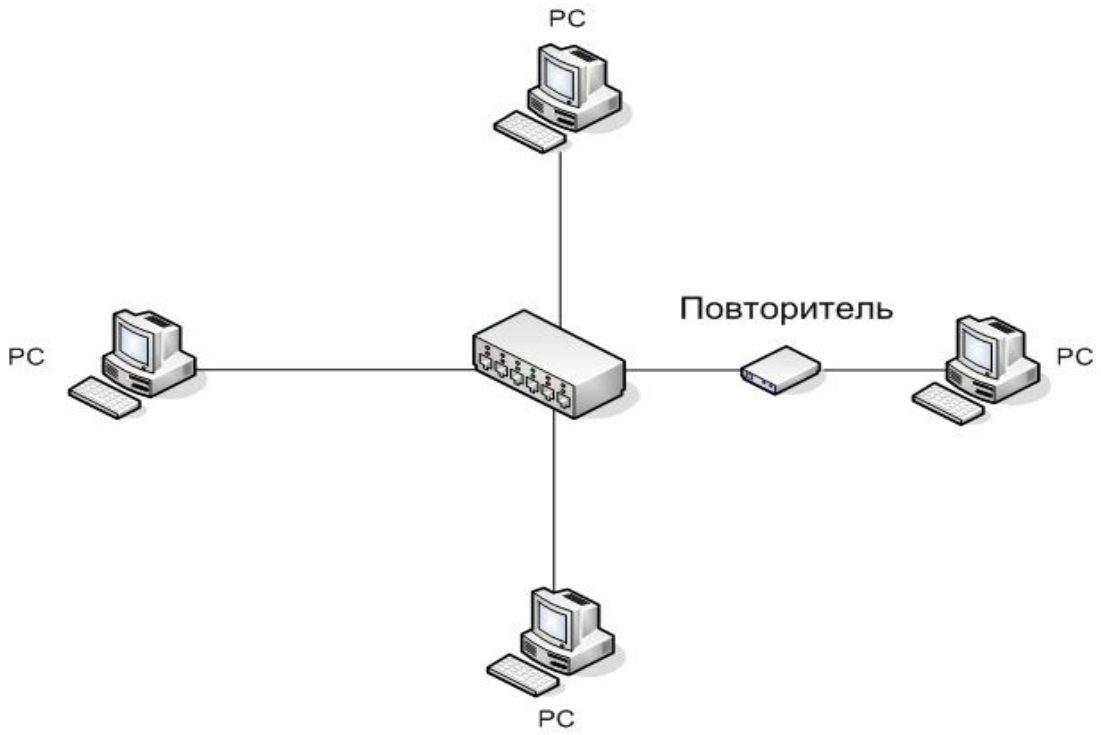


Рис. 1.28. Топология "Расширенная звезда"

В нашем случае внутри каждого офиса мы применяем топологию ЛВС “звезда”, но вместо концентраторов будем применять коммутаторы второго уровня модели OSI.

Иерархическая межсетевая модель CISCO, состоящая из трех уровней, представлена на рис. 1.29.

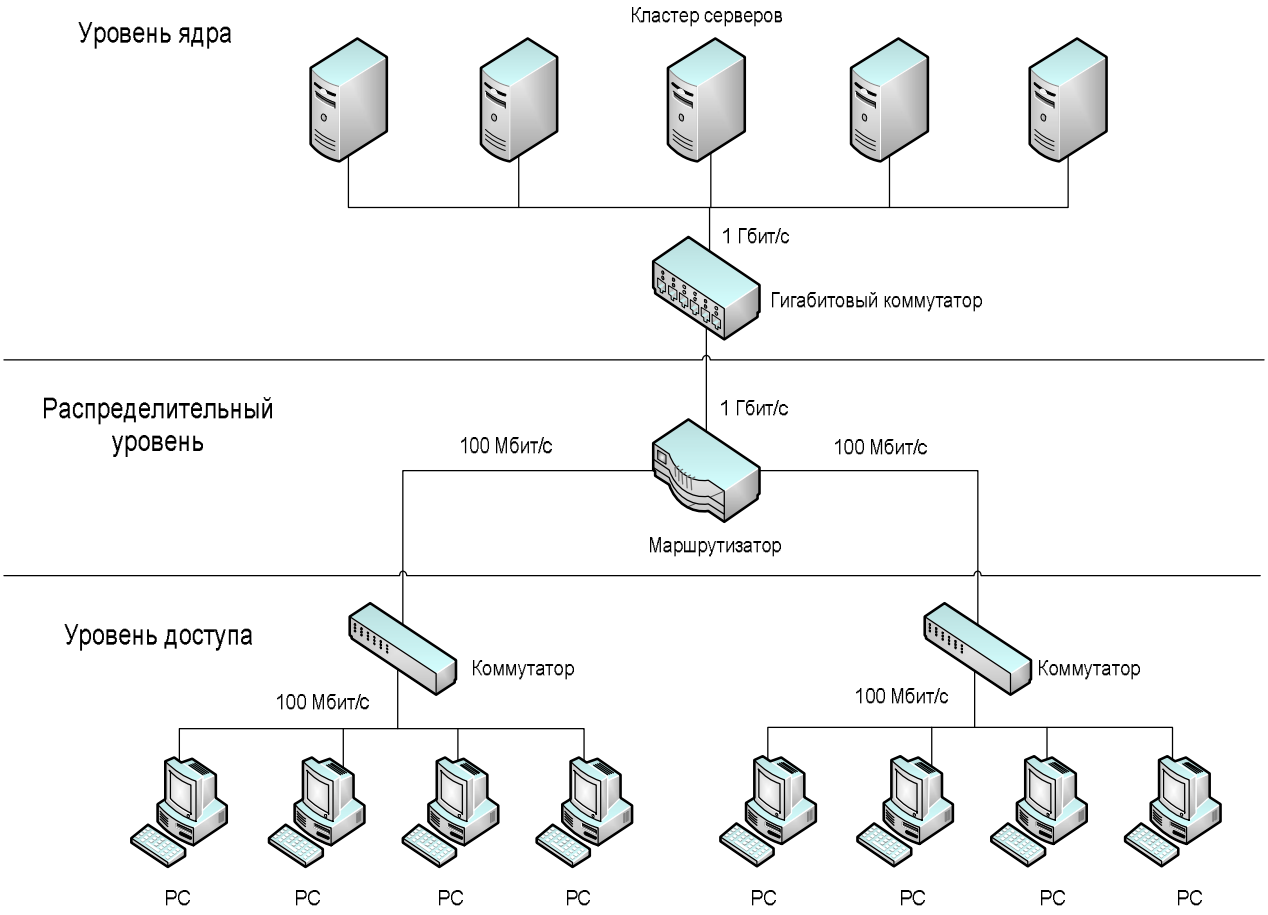


Рис. 1.29. Иерархическая межсетевая модель CISCO

Уровень ядра сети. Этот уровень в объединенной сети соответствует опорной сети. Поскольку опорная сеть играет такую важную роль, любые серьезные нарушения в ее работе, скорее всего, будут заметны для всех, кто использует эту объединенную сеть. Кроме того, поскольку скорость здесь играет очень важную роль (в связи с огромным объемом трафика, который проходит по опорной сети), на этом уровне практически не должны быть реализованы функции, требующие значительных ресурсов маршрутизации или коммутации. Иными словами, маршрутизация, обработка списков доступа, сжатие, шифрование и все прочие функции, требующие больших затрат ресурсов, должны быть выполнены до того, как пакет поступит в ядро сети.

Распределительный уровень. Этот уровень занимает промежуточное положение между уровнем ядра сети и уровнем доступа. Клиенты не взаимодействуют непосредственно с этим уровнем, но на нем выполняется основная часть функций обработки передаваемых ими

пакетов. На этом уровне выполняется также основная часть вспомогательных функций. В частности, на нем функционируют службы маршрутизации, обеспечения качества обслуживания (Quality of Service – QoS), проверки списков доступа, шифрования, сжатия и трансляции сетевых адресов (Network Address Translation – NAT).

Уровень доступа. На этом уровне пользователям предоставляется доступ к локальным сегментам. Характерной особенностью уровня доступа является применение соединений локальной сети, обычно в сетевой среде небольшого масштаба (такой как отдельное здание). Иными словами, именно на этом уровне происходит подключение клиентов к сети. Обычно на уровне доступа выполняется коммутация Ethernet и другие основные функции [4].

В нашем случае на распределительном уровне вместо маршрутизатора используется коммутатор второго уровня, в соответствии с рис. 1.30.

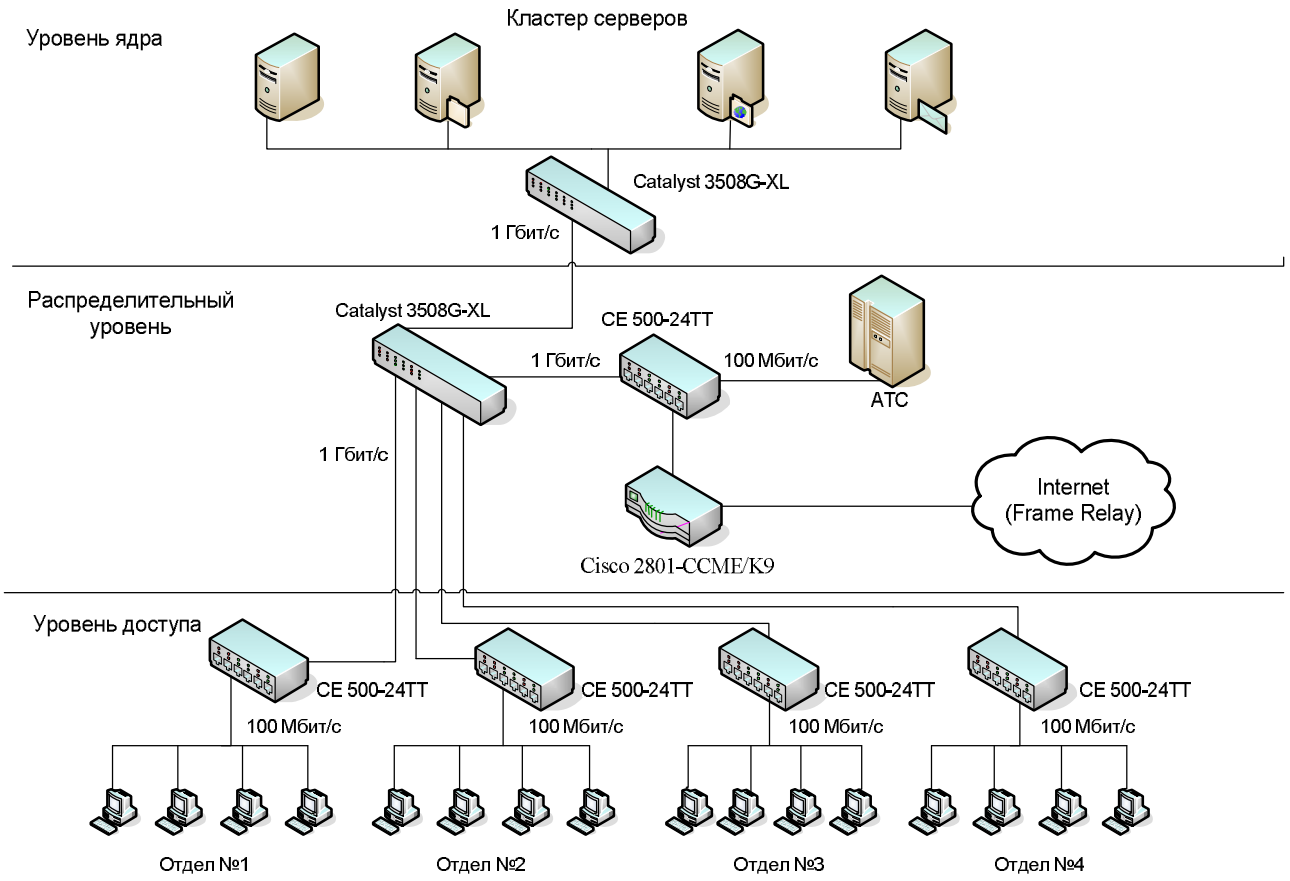


Рис. 1.30. Схема локальной вычислительной сети

ГЛАВА 2. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СЕТЕЙ И СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ

Основные понятия и определения.

а) Мобильная радиосвязь означает радиосвязь между *подвижными* объектами (ПО), один из которых или оба движутся либо занимают относительно друг друга случайное положение, при этом один из объектов может являться *базовой станцией.* Системы мобильной радиосвязи разделяют на профессиональные (частные) системы подвижной связи, системы персонального вызова, системы беспроводных телефонов и системы сотовой связи общего пользования.

б) Профессиональные системы подвижной радиосвязи – PMR (Professional Mobile Radio) создаются и развиваются в интересах государственных организаций и учреждений, коммерческих структур, скорой помощи, милиции и т. п.

В этих системах подвижной радиосвязи эффективное использование выделенного частотного ресурса обеспечивается путем свободного доступа абонентов к общему частотному ресурсу. Такие системы PMR еще называются *транкинговыми* (от англ, trank – магистраль, шина). Различают транкинговые системы с последовательным (сканирующим) поиском свободного канала связи и с выделенным каналом управления.

в) Системы персонального радиовызова (СПРВ) или *пейджинга* (radio *paging)* предоставляют услугу радиосвязи, обеспечивающую одностороннюю беспроводную передачу информации в пределах обслуживаемой зоны с отображением данных на дисплее получателя. СПРВ гармонично сопрягаются с системами радиосвязи и передачи данных.

г) Системы беспроводных телефонов были первоначально ориентированы на резидентное использование, т. е. в условиях офисов и квартир. Позже они стали развиваться как системы общего пользования, обеспечивающие поддержку услуг общего пользования.

Под системами СПР-ОП понимается совокупность технических средств (радиооборудование, коммутационное оборудование, соединительные линии и сооружения), с помощью которых можно предоставлять подвижным абонентам связь между собой и абонентами телефонной сети общего пользования.

2.1. Основы построения систем сотовой связи

В центре каждой ячейки находится базовая станция (БС), обслуживающая все подвижные станции (ПС) – абонентские или радиотелефонные аппараты в пределах своей ячейки. При перемещении абонента из одной ячейки в другую происходит передача его обслуживания от одной базовой станции к другой. Все базовые станции, в свою очередь, замыкаются на центр коммутации (ЦК), с которого имеется выход на телефонную сеть общего пользования.

При перемещении абонента между ячейками одной системы *происходит передача обслуживания,* а при перемещении на территорию другой системы – *роуминг,* т. е. процедура, обеспечивающая поддержание связи при перемещении абонента из зоны обслуживания одного оператора в зону обслуживания другого оператора.

а) Базовая станция.

Структурная схема базовой станции приведена на рис. 2.1. *Первая* особенность станции, которую следует отметить – это использование разнесенного приема, для чего станция должна иметь две приемные антенны. Кроме того, базовая станция может иметь раздельные антенны на передачу и прием. *Вторая* особенность – наличие нескольких приемников и такого числа передатчиков, позволяющих вести одновременную работу на нескольких каналах с различными частотами.

Блок сопряжения с линией связи осуществляет упаковку информации, передаваемой по линии связи к центру коммутации, и распаковку принимаемой от него информации. В качестве линии связи базовой станции с центром коммутации обычно используются радиорелейные или волоконно-оптические линии, если базовая станция и центр коммутации не располагаются территориально в одном месте.

Контроллер базовой станции, представляющий собой достаточно мощный и совершенный компьютер, обеспечивает управление работой станции, а также контроль работоспособности всех входящих в нее блоков и узлов.

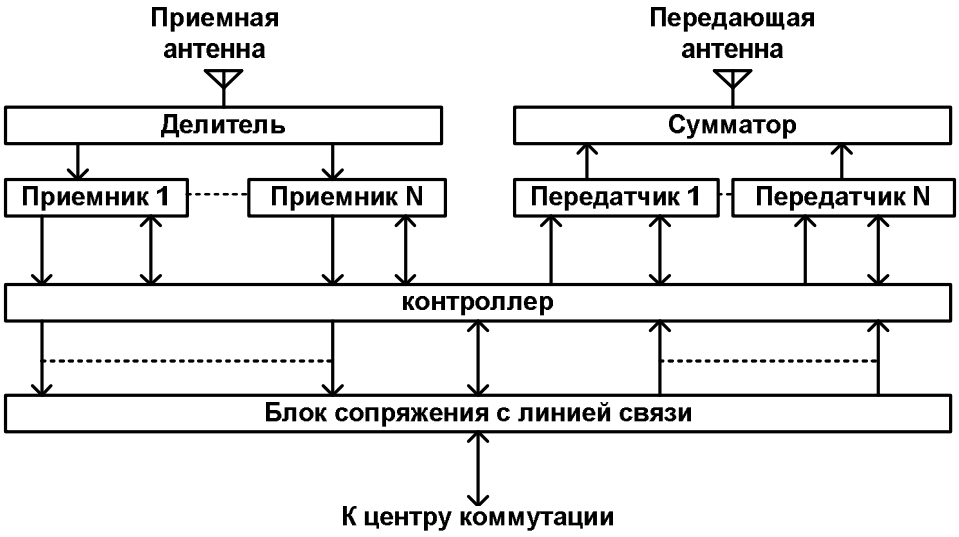


Рис. 2.1. Структурная схема базовой станции

***Т**-телефон; **ДСП** - дисплей; **КЛВ** - клавиатура; **М** - микрофон; **ЦАП** -цифро-аналоговый преобразователь; **ДКР** - декодер речи; **ДКК** -декодер канала; **ЭКЛ** - эквалайзер; **АЦП** - аналого-цифровой преобразователь; **КР** - кодер речи; **КК** - кодер канала.*

б) Подвижная станция.

Структурная схема подвижной станции приведена на рис. 2.2.

Подвижная станция включает в себя следующие блоки: блок управления, приемопередающий блок и антенный блок. Приемо-передающий блок в свою очередь включает передатчик, приемник, синтезатор частот и логический блок.

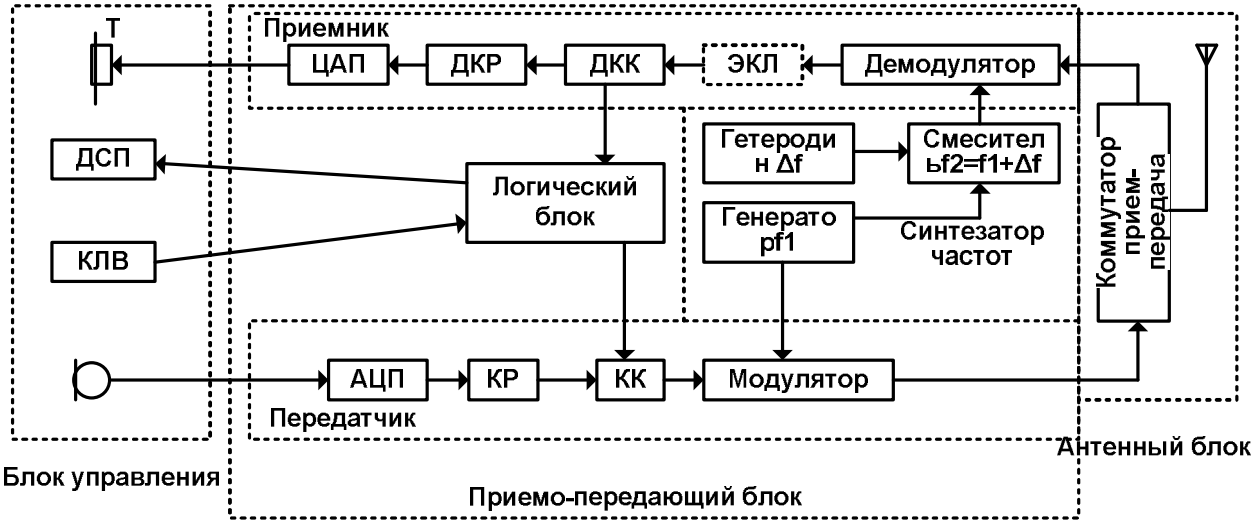


Рис. 2.2. Структурная схема подвижной связи

Наиболее прост по составу *антенный блок:* он включает собственно антенну – в простейшем случае четвертьволновый штырь – и коммутатор прием-передача. Последний для цифровой станции может представлять собой электронный коммутатор, подключающий антенну либо на выход передатчика, либо на вход приемника, поскольку подвижная станция цифровой системы никогда не работает на прием и передачу одновременно.

Функционально несложен и *блок управления.* Он включает микротелефонную трубку – микрофон и телефон (динамик), клавиатуру и дисплей.

Приемопередающий блок значительно сложнее и включает в себя передатчик, приемник, синтезатор и логический блок.

В состав передатчика *входят:*

– аналого – цифровой преобразователь (АЦП), преобразующий аналоговый речевой сигнал, поступающий с выхода микрофона, в цифровую форму; вся последующая обработка и передача сигнала речи производится в цифровой форме, вплоть до обратного цифро-аналогового преобразования в приемнике;

– кодер речи (КР) осуществляет кодирование сигнала речи – преобразование сигнала, имеющего цифровую форму, по определенным законам с целью сокращения его избыточности и объема информации, передаваемой по радиоканалу;

– кодер канала (КК) – добавляет в цифровой сигнал, получаемый с выхода кодера речи, дополнительную информацию, предназначенную для защиты от ошибок при передаче сигнала по радиолинии; с той же целью информация подвергается определенной переупаковке (перемножению): кроме того, кодер канала вводит в состав передаваемого сигнала информацию управления, поступающую от логического блока;

– модулятор – осуществляет перенос цифрового сигнала, представляющего случайную последовательность импульсов постоянного тока (видеоимпульсов), с помощью несущей частоты в диапазон частот мобильной радиосвязи.

Приемник по составу в основном соответствует передатчику, но с обратными функциями входящих в него блоков:

– демодулятор – выделяет из модулированного радиосигнала цифровой кодированный видеосигнал (случайную последовательность импульсов постоянного тока);

– декодер канала (ДКК) – выделяет из входного потока управляющую информацию и направляет ее в логический блок; принятая информация проверяется на наличие ошибок и выявленные ошибки по возможности исправляются; для последующих преобразований принятая информация подвергается обратной переупаковке;

– декодер речи (ДКР) – восстанавливает поступающий на него с кодера канала сигнал речи, переводя его в естественную форму со свойственной ему избыточностью, но в цифровом виде;

– цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) – преобразует принятый от декодера речи сигнал в аналоговую форму и подает его на вход динамика (телефона);

– эквалайзер (ЭКЛ) – служит для частичной компенсации искажений сигнала вследствие многолучевого распространения; по существу, он является адаптивным фильтром, настраиваемым по обучающей последовательности символов, входящей в состав передаваемой информации; блок ЭКЛ не является, вообще говоря, функционально необходимым и в некоторых случаях может отсутствовать.

Логический блок и синтезатор частот. Логический блок – это, по сути, микрокомпьютер со своей оперативной и постоянной памятью, осуществляющий управление работой подвижной станции. Синтезатор является источником колебаний несущей частоты, используемой для передачи сигналов по радиоканалу.

Для обеспечения конфиденциальности передачи информации в некоторых системах возможно использование режима шифрования. В этих случаях передатчик и приемник подвижной станции включают соответственно блоки *шифрования* и *дешифровки* сообщений. В подвижной станции, например, системы GSM предусмотрен специальный съемный *модуль идентификации абонента* (Subscriber Identity Mobile – SIM).

Подвижная станция системы GSM включает в себя *детектор речевой активности* (Voice Activity Detector), который в интересах экономного расходования энергии источника питания (уменьшения средней мощности излучения), а также снижения уровня, помех, неизбежно создаваемых для других станций при работающем передатчике, включает работу передатчика на излучение только на те интервалы времени, когда абонент говорит. На время паузы в работе

передатчика в приемный тракт дополнительно вводится так называемый *комфортный шум.*

в) Центр коммутации (ЦК) является мозгом и одновременно диспетчерским пунктом системы сотовой связи, на который замыкаются потоки информации со всех базовых станций и через который осуществляется выход на другие сети – стационарную телефонную сеть, сети междугородной связи, спутниковой связи, другие сотовые сети. В состав центра коммутации входит несколько процессоров (контроллеров) и он является типичным примером многопроцессорной системы.

Структурная схема ЦК представлена на рис. 2.3. Собственно коммутатор осуществляет переключение потоков информации между соответствующими линиями связи.

Коммутатор подключается к линиям связи через соответствующие контроллеры связи, осуществляющие промежуточную обработку (упаковку/распаковку, буферное хранение) потока информации.

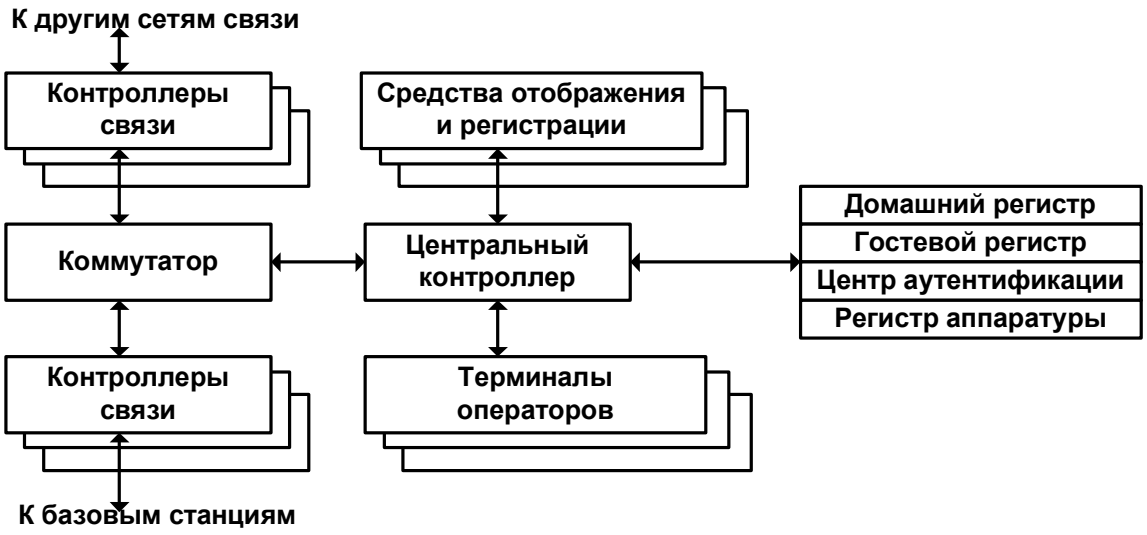


Рис. 2.3. Структурная схема центра коммутации

Важными элементами системы являются базы данных – домашний регистр, гостевой регистр, центр аутентификации, регистр аппаратуры.

Домашний регистр (домашний регистр местоположения – Home Locatio Regis-ter – HLR) содержит сведения о всех абонентах, зарегистрированных в данной системе, и о видах услуг, которые могут быть им

оказаны. Здесь же фиксируется местоположение абонента для организации его вызова, и регистрируются фактически оказанные услуги.

Гостевой регистр (гостевой регистр местоположения – Visitor Location Regis-ter – VLR) содержит примерно такие же сведения об абонентах-гостях *(ромерах),* т. е. об абонентах, зарегистрированных в другой системе, но пользующихся в настоящее время услугами сотовой связи в данной системе.

Центр аутентификации (Authentication Center) обеспечивает процедуры аутентификации абонентов, т. е. подтверждения подлинности (действительности, законности, наличия прав на пользование услугами сотовой связи) абонента системы подвижной связи и шифрования сообщений.

Регистр аппаратуры (регистр идентификации аппаратуры – Equipment Identity Register; идентификация – процедура отождествления подвижной станции – абонентского радиотелефонного аппарата, т. е. процедура установления принадлежности к одной из групп, обладающих определенными свойствами или признаками), если он существует, содержит сведения об эксплуатируемых подвижных станциях на предмет их исправности и санкционированного использования.

Помимо обычной двусторонней радиотелефонной связи с подвижными абонентами сотовой сети и неподвижными абонентами стационарных телефонных сетей, системы сотовой связи могут предложить абонентам еще целый ряд услуг, в т. ч. передачу факсимильных сообщений и компьютерных данных, переадресацию вызова и автодозвон, автоматическую регистрацию продолжительности телефонных разговоров, голосовую почту и мн. др. Функции сотовой связи состоят из основных и дополнительных.

2.2. Сотовая сеть стандарта GSM

При переходе от аналоговой мобильной сети к цифровой перед европейским институтом телекоммуникационных стандартов (ETSI) была поставлена задача по разработке соответствующих спецификаций. В результате был создан стандарт GSM – Global System for Mobile Communications. Большинство мобильных терминалов функционируют именно в этом стандарте. В Европе для стандарта GSM вы-

делены два частотных диапазона – 900 и 1800 МГц. Существенные отличия мобильного терминала от обычного телефонного аппарата заключаются в следующем:

- наличие устройства электропитания (аккумулятора);
- возможность выдачи уникальной информации о терминале – IMEI;
- размещение специального устройства – SIM(Subscriber Identity Module) карты, которая необходима для реализации ряда важных функций мобильной связи.

Существенные отличия оборудования коммутации в сети GSM от традиционных АТС в фиксированной ТФОП объясняются, в основном, необходимостью поддержки функций handover и roaming. На рис. 2.4 показаны основные элементы в сети стандарта GSM и соответствующие интерфейсы.

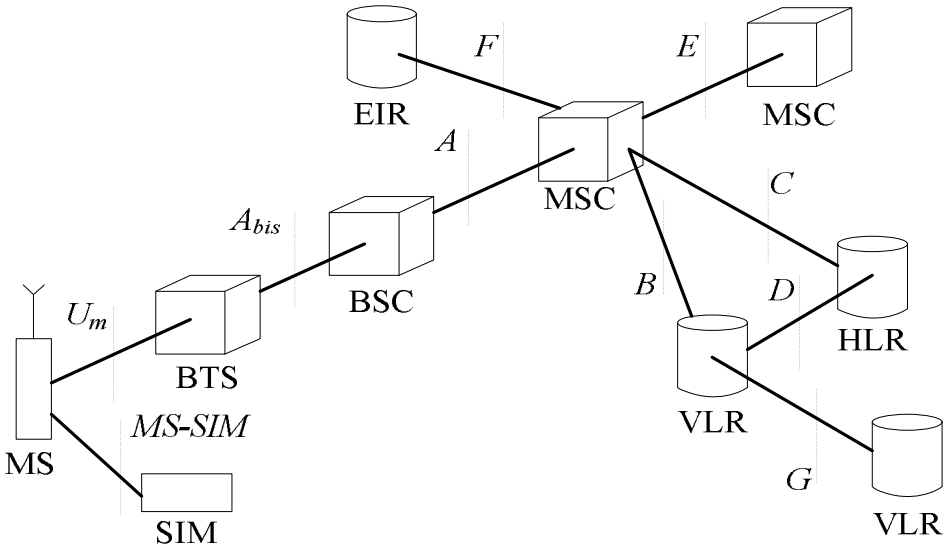


Рис. 2.4. Основные функциональные элементы и интерфейсы в сети мобильной связи стандарта GSM

Мобильная станция (MS) и SIM карта образуют терминал, способный не только обслуживать вызовы, но и выполнять все функции, которые связаны с начислением платы, дополнительными функциями, а также процедурами handover и roaming.

Интерфейс между мобильной станцией и базовой станцией (BTS – Base Transceiver Station) устанавливает правила взаимодействия в используемом частотном диапазоне.

Контроллер базовых станций (BSC–Base Station Controller) обычно управляет работой нескольких BTS. Он обеспечивает взаимодействие базовых станций с центром коммутации MSC. Рядом с MSC показаны три функциональных элемента, которые являются важными аппаратно-программными средствами поддержки мобильной связи.

Регистр идентификации оборудования (EIR – Equipment Identity Register) содержит перечень IMEI мобильных телефонов, которым запрещён доступ в сеть, или они находятся под наблюдением правоохранительных органов. Данный регистр позволяет отслеживать украденные терминалы. Теоретически, все данные об украденных терминалах могут распространяться по всему миру. В ряде стран эта возможность не поддерживается. Кроме того, информация в EIR не обновляется в режиме реального времени, что затрудняет поиск ворованных терминалов. Обычно EIR объединен с HLR – Home Location Register.

Регистр домашних абонентов можно рассматривать как базу данных, в которой хранится вся необходимая информация о пользователях, заключивших договор с Оператором мобильной связи. Иногда рядом с HLR изображают центр аутентификации AUC. Он служит для определения подлинности абонента. В ряде случаев оборудование HLR и AUC представляет собой единый комплекс.

VLR (Visitors Location Register) – это база данных, в которой хранится оперативная информация о терминалах, находящихся в зоне обслуживания MSC. Каждая базовая станция приписана к одному VLR. Поэтому записи о нахождении терминала в каждый конкретный момент времени находятся только в одном VLR. Основные функции VLR сводятся к следующим операциям:

- информировать HLR о том, что терминал, который зарегистрирован в домашнем регистре, находится – в данное время – в зоне обслуживания VLR;
- отслеживать нахождение терминала в границах своей зоны обслуживания;
- контролировать доступность услуг для абонента;
- выделять роуминговые номера (roaming numbers) в процессе установления входящего вызова
- удалять данные о терминале, если он становится неактивным в зоне обслуживания данного VLR и информировать об этом HLR.

Перспективы развития мобильной связи. ETSI уже давно ведет работы по новым стандартам мобильной связи. Основные направления этой работы заключаются в повышении качества связи, расширении спектра поддерживаемых услуг, обеспечении обмена данными и видеоинформацией.

Сети, подобные тем, которые используют стандарт GSM, относятся ко второму поколению систем мобильной связи – 2G. Разработанная ETSI идеология UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) определяет набор стандартов для универсальной системы мобильной связи. Она относится к поколению 3G. Концепция UMTS создавалась для поддержки мультимедийных услуг. Для нее выделен частотный диапазон 2 ГГц. Сети 3G уже введены рядом европейских Операторов в коммерческую эксплуатацию.

Ряд специалистов считает, что более перспективно направление, связанное с поколениями 4G и 5G. Соответствующие сети позволяют довести скорость обмена информацией до 100 Мбит/с. Предполагается, что сети 4G могут быть введены в коммерческую эксплуатацию уже в 2010 г. Существенно то, что поколения 4G и 5G ориентированы на сеть следующего поколения, что очень важно с точки зрения максимальной интеграции фиксированной и мобильной связи.

2.3. Основы транкинговых систем радиосвязи

Транкинговые системы радиосвязи (ТСР) являются развитием низовой полудуплексной радиосвязи и по ряду признаков могут быть соотнесены с сотовыми системами связи. В отличие от обычных систем с постоянно закрепленными частотными каналами в ТСР применяется динамическое распределение каналов. Напомним, что термин «транкинг», принятый в сфере профессиональной радиосвязи, означает метод *свободного доступа большого числа абонентов к ограниченному числу каналов.* Поскольку в какой-либо момент времени не все абоненты активны, то необходимое число каналов значительно меньше общего числа абонентов. Примерная зависимость числа абонентов ТСР от числа радиоканалов приведена в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Зависимость числа абонентов ТСР от числа радиоканалов

Число радиоканалов	6	11	21	25
Общее число абонентов	320	790	1760	2160

В отличие от обычных систем радиосвязи *ТСР характеризуются следующими признаками:*

- экономное использование выделенного диапазона частот;
- наличие одной или нескольких базовых радиостанций и системы управления;
- возможность выхода в другие сети, в частности в телефонную сеть общего пользования;
- увеличение зоны обслуживания путем создания многозоновой сети; передача данных и телеметрической информации;
- множество сервисных возможностей.

Перечисленные выше признаки характерны и для сотовых систем связи. Однако в отличие от последних, ТРС в первую очередь ориентированы на задачи, связанные с оперативным управлением.

В сравнении с сотовыми системами к *преимуществам ТСР*, позволяющим отдать им предпочтение при организации оперативной связи, *следует отнести:*

гибкую систему вызовов – индивидуальную, групповую, вещательную, приоритетную, аварийную и др.;

гибкую систему нумерации – от коротких двух- или трехзначных до полных городских номеров;

малое время установления соединения – менее секунды против нескольких секунд в сотовых системах;

возможность работы в группе;

наличие (в ряде систем) режима непосредственной связи между двумя абонентскими радиостанциями без участия базовой;

экономичность – по стоимости оборудования и по эксплуатационным расходам ТСР в несколько раз экономичнее сотовых систем.

2.3.1. Архитектура транкинговых сетей

Базовая радиостанция, рис. 2.5 содержит модули приемопередатчиков, каждый из которых настроен на *одну пару* частот - приема

и передачи. В транкинговой системе требуются две частоты, а для работы в дуплексном режиме – *четыре*

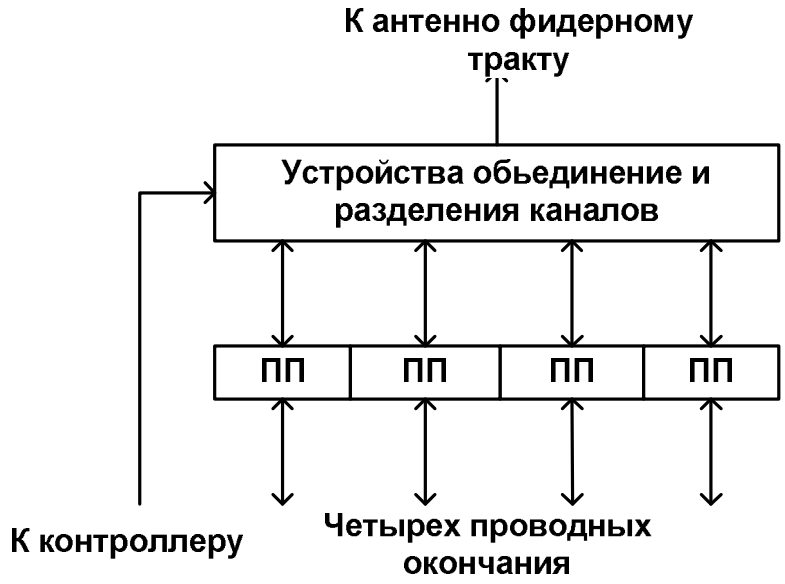


Рис. 2.5. Структурная схема базовой радиостанции

Каждый из приемопередатчиков имеет четырехпроводное низкочастотное (звуковое) окончание для сопряжения с коммутатором. Радиочастотные входы/выходы приемопередатчиков нагружены на устройство объединения/разделения каналов.

Коммутатор осуществляет соединение подвижных абонентов, а также выполняет функции сопряжения с ТфОП.

Контроллер (устройство управления). Обеспечивает взаимодействие всех узлов базовой станции. Осуществляет обработку вызовов и управляет процессом установления соединений. Часто контроллер и коммутатор объединяются в одном модуле.

Рассмотрим основные элементы архитектуры ТСР на примере типовой однозоновой ТРС с частотным разделением каналов, рис. 2.6. Назначение элементов схемы очевидно. Рассмотрим структуру основных составляющих схемы.

Интерфейс с ТфОП предназначен для сопряжения с телефонной сетью общего пользования. Обеспечивает электронный *стык с* окончаниями АТС и согласование протоколов сигнализацией.

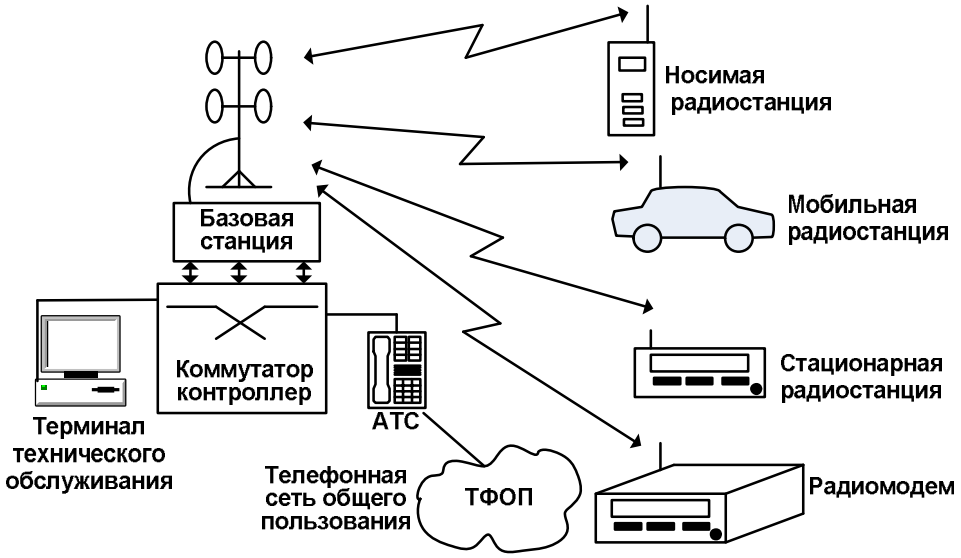


Рис. 2.6. Схема однозоновой транкинговой радиосети

2.3.2. Многозоновая ТРС

Многозоновая транкинговая сеть создается с целью увеличения зоны обслуживания. При этом территория обслуживания разбивается на зоны, как правило, шестиугольной формы (соты).

На рис. 2.7 изображена структура трехзоновой сети. Управление сетью осуществляет центральный узел, содержащий центральный коммутатор-контроллер, терминал технического обслуживания и управления, а также интерфейс с ТфОП. Коммутаторы различных зон связаны между собой каналами управления трафика. Для этой цели применяются как физические (выделенные) линии, так и стандартные аналоговые или цифровые системы передачи.

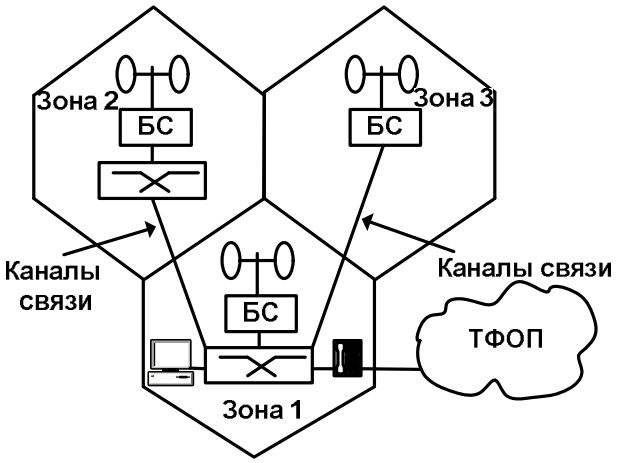


Рис. 2.7. Схема многозоновой транкинговой радиосети

Для зон с малым числом абонентов функции коммутации могут быть возложены на центральный коммутатор, для чего между ним и базовой радиостанцией организуется необходимое число каналов. В этом случае оборудование строится по модульному принципу.

Непрерывно по специально выделенным каналам осуществляется обмен сигналами между контроллерами других зон. Вся информация о вызовах поступает в главный контроллер, который управляет процессом соединения. Чем удаленней друг от друга абоненты и чем в более разнородных сетях они расположены, тем сложнее функции управления сетью и тем больше обмен управляющими сигналами, необходимыми для установления соединения, его поддержки и его освобождения.

В многозоновых ТРС возникает необходимость отслеживания местоположения радио абонентов при перемещении из зоны в зону. Процедура отслеживания местоположения абонентов называется *роумингом*. Специфическая особенность ТРС состоит в необходимости поддержания группового роуминга для обеспечения возможности работы в группе.

В многозоновых ТРС возникает необходимость частотного планирования для исключения взаимных помех между радиостанциями соседних зон.

Многоуровневая транкинговая сеть. С целью более гибкого управления трафиком и экономии ресурсов системы могут быть реализованы не просто многозоновые, но также и многоуровневые ТСР. Последнее означает, что управление частью трафика возлагается на контроллеров и коммутаторы подчиненного уровня. Это разгружает ресурсы центрального коммутатора, уменьшает общее число и протяженность речевых каналов, связывающих коммутаторы.

2.4. Основы построения систем беспроводного абонентского радиодоступа

В последнее время в технической литературе появился термин «последняя миля». Им обозначают участок сети связи от телефонной станции до абонентских оконечных устройств. Другое обозначение того же понятия – сеть абонентского доступа. Оба определения берут свое начало от английских выражений. Интерес к участку «последней

мили» резко возрос в развитых странах в конце прошлого века, когда, с одной стороны, стало ясно, что одни лишь услуги аналоговой телефонии перестали удовлетворять пользователей, а, с другой стороны, прошла модернизация и цифровизация магистральных сетей и коммутационных станций, позволившая удовлетворить потребность в новых услугах. «Последняя миля» стала в тот момент «горлышком бутылки», сдерживающим стремительное развитие услуг связи.

Актуальность развития сетей беспроводного абонентского доступа объясняется несколькими причинами. В частности тем, что традиционная абонентская сеть с использованием медного или волоконно-оптического кабеля представляет собой довольно громоздкое хозяйство, требующее, как правило, длительного поэтапного внедрения и значительных капитальных затрат, а невысокий процент использования каждой абонентской пары не способствует привлечению крупных инвестиций и быстрой окупаемости кабельных систем. Кроме того, любое расширение сети требует больших инженерных работ на кабельных трассах. В силу этого прокладка и организация проводных линий связи становится весьма сложной проблемой, особенно в старых городах, и требует повышенных капитальных вложений в сельской местности. Следовательно, когда прокладка кабельных линий связи нецелесообразна, а также для мобильного развертывания сети доступа, эффективным может оказаться беспроводное подключение абонентов (Wireless Local Loop).

Основная функция системы беспроводного абонентского радиодоступа (СБАР) – предоставление конечному пользователю, т. е. абоненту, стандартных услуг телефонной связи. Таким образом, СБАР являются дуплексной системой телефонной связи.

Типовая архитектура СБАР представлена на рис. 2.8. *Она включает в себя следующие основные компоненты:*

- контроллер базовых станций,
- базовые станции (БС),
- абонентские терминалы и терминал технического обслуживания и эксплуатации - компьютер со специальным управляющим приложением.

БС связаны с контроллером проводными или беспроводными микроволновыми линиями связи с пропускной способностью, обычно

равной *n x 2 Мбит/с.* Рассмотрим функции каждого компонента СБАР.

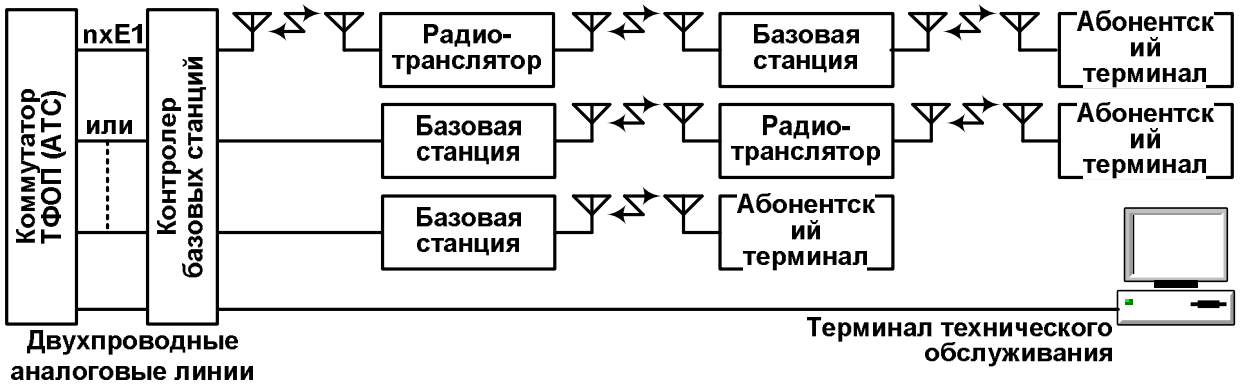


Рис. 2.8. Типовая архитектура беспроводного абонентского радиодоступа

Контроллер базовых станций. Данное устройство предназначено для концентрации и в ряде случаев коммутации трафика беспроводного радиодоступа, обработки вызовов и обеспечения связи с коммутатором ТфОП, осуществляемой, как правило, по цифровым каналам с высокой пропускной способностью или по многочисленным аналоговым двухпроводным линиям, для чего контроллер оснащают соответствующими интерфейсами. Кроме того, он поддерживает функции управления системой, реализуемые на базе терминала технического обслуживания и эксплуатации.

Абонентские терминалы. Данные устройства представляют собой портативные беспроводные телефонные трубки, обеспечивающие ограниченную подвижность связи; специальные настольные телефонные аппараты с трансивером и антенной и стационарные блоки на одну или несколько (две, четыре и более) телефонных линий, к которым подключают обычные телефоны, факсы или модемы.

В системах радиодоступа широко используются самые различные технологии организации множественного доступа, в частности:

FDMA (Frequency Division Multiple Access) – множественный доступ с частотным разделением, при этом выделенный для определенной системы спектр делится на полосы частот, в которых осуществляется передача канальной информации от разных абонентов;

TDMA - множественный доступ с временным разделением, при этом выделенная полоса частот предоставляется для передачи ка-

нальной информации на определенный короткий промежуток времени, в следующий промежуток времени осуществляется передача информации от другого абонента;

CDMA – множественный доступ с кодовым разделением сообщения от абонентов шифруются и передаются одновременно, этот способ имеет определенные достоинства (например, скрытность информации), но при этом для передачи требуется довольно широкая полоса частот, что может быть недостатком при ограниченности частотного ресурса.

Технология CT-2 использует метод FDMA, совмещенный с временным дуплексным разделением режимов передачи и приема TDD (Time Division Duplex – дуплексный канал с временным разделением), при котором в одном временном интервале осуществляется передача сообщения от абонента, а в следующий момент – прием сообщения от базовой станции. Таким образом, используется только одна несущая частота для передачи и приема.

Рассмотрим построение системы абонентского радиодоступа на примере системы TANGARA Wireless (TW) (рис. 2.8), представляющей собой цифровую радиосистему для абонентского доступа, построенную по методу FDMA/TDD и работающую в диапазоне частот 864...868 МГц. Структурная схема TW представлена на рис. 2.8.

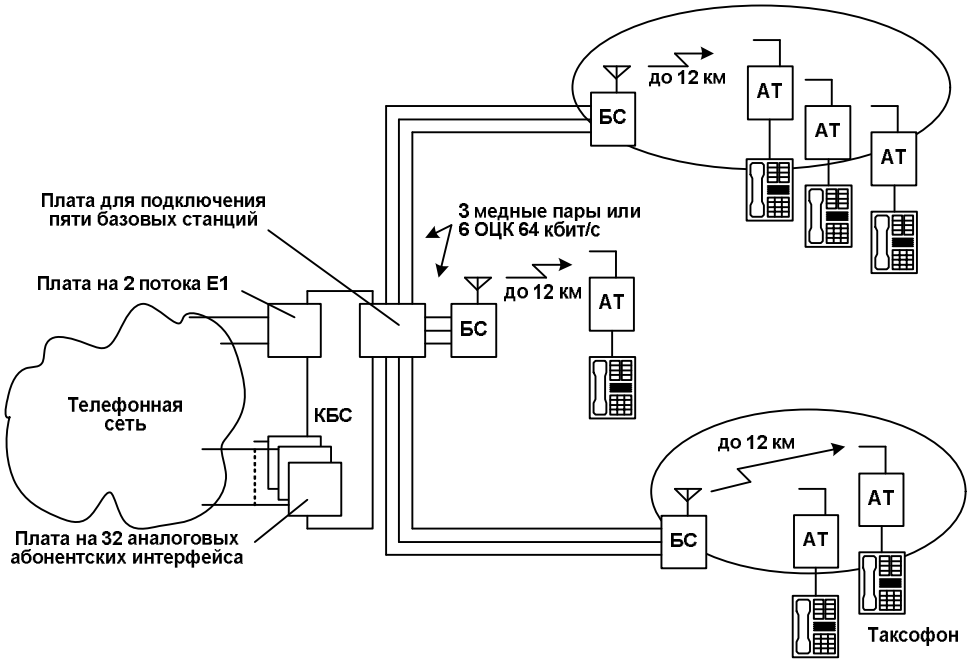


Рис. 2.9. Структура системы TANGARA Wireless

Контроллер базовых станций (КБС), управляющий базовыми станциями (БС) и абонентскими терминалами (АТ), устанавливается обычно в помещениях АТС и подключается к ТфОП через различные типы интерфейсов – по двухпроводным аналоговым линиям или по трактам потоков 2 Мбит/с (поток Е1).

КБС обеспечивает возможности централизованного сетевого управления. Один контроллер обслуживает до 512 абонентов при подключении к АТС по двухпроводному аналоговому интерфейсу или до 960 абонентов при подключении по цифровым трактам Е1.

Для увеличения общей емкости системы радиодоступа несколько контроллеров могут объединяться общей системой управления. К КБС могут быть, подключены до 30 шестиканальных базовых радиостанций, до 96 двухканальных, 48 четырехканальных или их любые комбинации.

Базовая станция (БС) обладает модульной структурой и поддерживает от 2 до 6 радиоканалов. В зависимости от нагрузки в сети и допустимой вероятности отказов каждая БС обслуживает от 6 (выделенные каналы постоянного соединения) до 80 абонентов. Рекомендуемое число – 40 абонентов на одну БС. С целью увеличения числа обслуживаемых абонентов и увеличения зоны радиопокрытия несколько БС могут объединяться и создавать многосекторную ВС. Соединение между КБС и БС осуществляется по медным парам (по трем парам с диаметром жилы 0,9 мм на расстояния до 11 км) без применения дополнительного каналообразующего или линейного оборудования. При необходимости соединение может быть осуществлено через радиорелейные линии, спутниковые системы или цифровые транспортные сети.

Абонентский терминал (АТ) представляет собой блок малых размеров, спроектированный специально для легкого настенного монтажа в помещениях абонента или в общественных телефонах-автоматах. К нему может присоединяться компактная направленная или штыревая антенна. В зависимости от типов антенн и усилителей допустимое удаление АТ от БС составляет 5... 12 км в условиях прямой видимости.

Интерфейс АТ с телефонным аппаратом аналогичен интерфейсу телефонной станции. К АТ могут подключаться телефонные аппараты любых конструкций, автоответчики, факсимильные аппараты, модемы и т. д.

Мобильные абоненты могут работать в пределах одной БС, а также после перерегистрации в зоне действия других базовых станций того же контроллера базовой станции.

Система централизованного сетевого управления обеспечивает контроль всего вышеперечисленного оборудования. Она допускает дистанционное конфигурирование всей сети с центрального пункта, мониторинг ошибок в каналах связи, загрузку программного обеспечения.

Особенно хорошо система подходит для жилых районов со средней плотностью проживания в пригородных или сельских районах. При определенных условиях технология позволяет обеспечить рентабельность телефонизации и малонаселенных областей сельской местности. Основная часть себестоимости ложится на абонентские терминалы (35...55 %), которые могут закупаться не сразу, а по мере необходимости. Затраты на установку и организацию связи между БС и КБС (передача) невелики по сравнению с другими системами абонентского радиодоступа. Себестоимость «базового» оборудования сети радиодоступа, составляющая так называемые начальные затраты, оценивается в 15...35 % в зависимости от числа абонентов. Затраты на установку оборудования составляют 7...20 % и определяются топологией телефонных сетей. Затраты на проектные работы – 8...15 %.

Технико-экономические аспекты системы беспроводного абонентского радиодоступа. При использовании СБАР нет необходимости в прокладке дорогостоящих кабелей и в больших объемах инженерно-строительных работ – системы вводятся в считанные месяцы. Гибкая технология СБАР позволяет обеспечивать потребности в услугах связи в самых разных условиях – от густонаселенных районов городов с исторически ценной застройкой, быстро растущих пригородов и дачных поселков, районов с коттеджной застройкой, малых городов до малонаселенной сельской местности без развитой инфраструктуры электросвязи.

Стоимость СБАР, использующей радиоканалы на абонентских линиях, не зависит от длины линии, типа и состояния грунта, наличия водных поверхностей и заболоченных участков в пределах зоны обслуживания. Абонентский радиодоступ может быть эффективен в районах со сложным географическим рельефом, в гористой местности, в районах с сильно изрезанной береговой линией, изобилующих

заливами, островами и полуостровами. С помощью радиоканалов можно телефонизировать морские суда каботажного плавания.

Беспроводный абонентский шлейф позволяет чутко реагировать на колебания спроса на услуги связи и изменение сетевого трафика благодаря возможности модульного наращивания оборудования и его перераспределения. Путем увеличения мощности передающего оборудования и управляющего процессора СБАР, сравнительно легко преобразуется в сеть подвижной связи, как с малой, так и с большой степенью подвижности абонентов, в то время как оператору проводной сети необходимо создавать сеть связи заново.

По сравнению с обычной кабельной сетью *беспроводная телефонная система имеет следующие* ***преимущества:***

- более высокие темпы ввода в эксплуатацию и меньшая трудоемкость работ;
- в 1,5..2 раза меньшие капитальные затраты и малый срок их окупаемости (3...4 года);
- простота и гибкость при расширении сети, достаточно несложная трансформация в сеть мобильной связи;
- число отказов СБАР составляет не более 6...10 % от числа отказов кабельной телефонной сети;
- в несколько раз более низкая стоимость десятилетнего жизненного цикла.

Опыт эксплуатации СБАР одной из фирм показал, что на пятый год эксплуатации доход от инвестиций в беспроводную CDMA-технологию в расчете на одного абонента в 5 раз больше, чем от кабельной сети при том же уровне инвестиций. Кроме того, расчеты показали, что на обслуживание абонентской сети большого города (например, 5...6 млн. абонентов) при проводной технологии в течение 10 лет потребуется 1,2 млрд. долл., в то время как при использовании CDMA-технологии эти затраты могут быть снижены до 667 млн. долл.

К позитивным моментам следует отнести и тот факт, что при развертывании СБАР нет необходимости в закладке избыточного количества оборудования на начальном этапе организации сети, как это делается при строительстве проводных сетей. Любые ошибки в расчетах пучков каналов и резкие изменения спроса могут быть легко скорректированы благодаря модульной структуре основного оборудования.

В СБАР стоимость абонентских комплектов составляет примерно половину общих затрат на систему. В результате растущие со временем потребности в радиотелефонах позволяют снижать в расчете на одного абонента капитальные затраты на создание СБАР.

Стоимость местной сети, построенной на основе медного кабеля, изменяется в довольно широких пределах и зависит от абонентской плотности и расстояния до местной АТС. Наряду с простотой технического обслуживания СБАР обладают более высокой по сравнению с кабельными сетями, надежностью, а, следовательно, и меньшим количеством неисправностей. По данным МСЭ, за год на индийских сетях было зарегистрировано 218 неисправностей на 100 абонентских линий, т. е. два отказа на одного абонента в год.

В экспериментальной системе CDMA, эксплуатируемой в тех же условиях, было отмечено 13,4 неисправности на 100 линий абонентского радиодоступа в год, т. е. всего 6 % от общего количества неисправностей в проводной системе.

Такая высокая надежность объясняется, в частности, тем, что оборудование СБАР больше, чем линейные сооружения, защищено от воздействия окружающей среды и вмешательства человека. По этой же причине более просто и быстро устраняются повреждения.

ГЛАВА 3. АНАЛОГОВЫЕ И ЦИФРОВЫЕ ТЕЛЕФОННЫЕ СЕТИ

3.1. Аналоговые телефонные сети

Совокупность узлов коммутации, оконечных абонентских телефонных устройств и соединяющих их линий связи называется сетью телефонной связи. В зависимости от уровня иерархии различают следующие виды телефонных сетей: международная, междугородная, внутризоновые и местные телефонные сети. Городские, сельские и учрежденческо-производственные телефонные сети объединяются общим названием – *местные телефонные сети.*

Схема построения ОГСТфС представлена на рис 3.1.

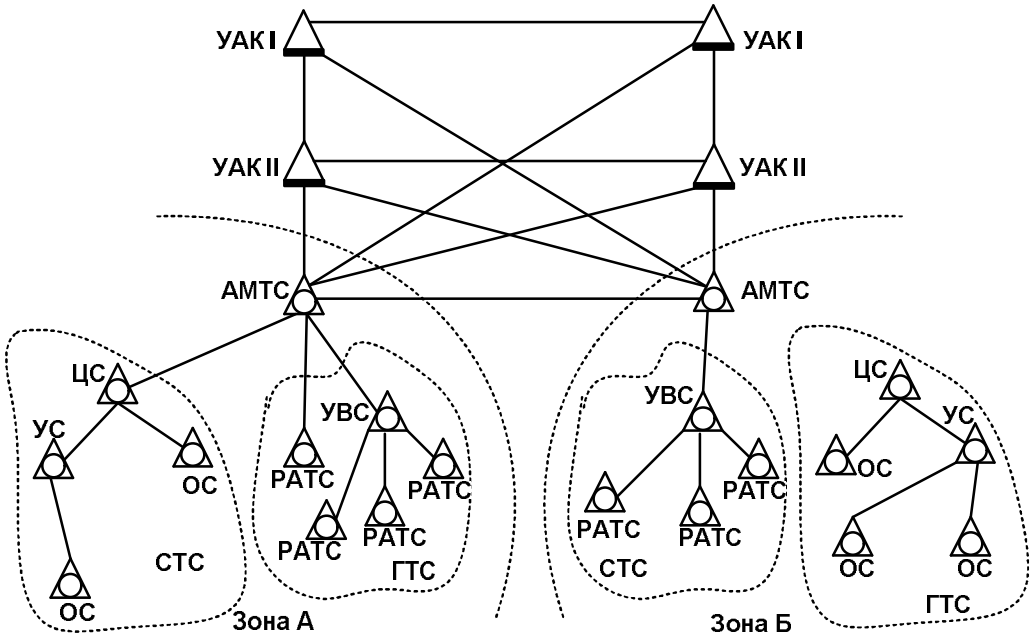


Рис. 3.1. Схема построения ОГСТФС

Внутризоновые телефонные сети (ВЗТС) – это совокупность устройств и сооружений, предназначенных для установления соединений между абонентами разных местных телефонных сетей, находящихся на территории одной телефонной зоны и их выход на междугородную и международную сети. Признаком зоны является наличие единой семизначной внутризоновой нумерации абонентских линий местных сетей данной зоны.

Междугородная телефонная сеть (МТС) – это единый комплекс устройств и сооружений, предназначенных для установления соединений между абонентами местных телефонных сетей, расположенных на территориях различных зон телефонной нумерации.

3.1.1. Сельские телефонные сети

Основой СТС является *центральная станция (ЦС), в* которую включаются линии от вышестоящей станции – АМТС, соединительные линии от оконечных станций (ОС), а при радиально-узловом построении сети и от узловых станций (УС).

В узловые станции включаются линии от нижестоящих ОС. Центральная станция размещается в районном центре и может являться одновременно городской телефонной станцией (рис. 3.2).

Двухступенчатые схемы применяются только при условии технико-экономической целесообразности узлообразования.

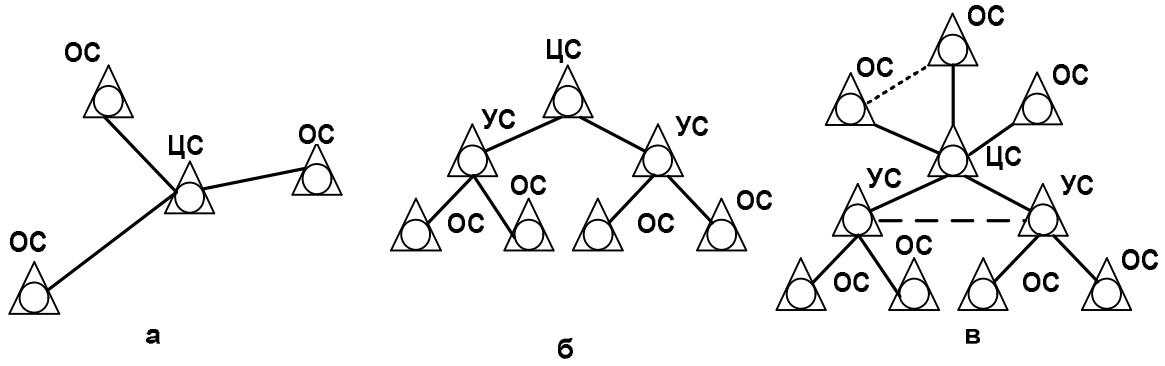


Рис. 3.2. Схема построения аналоговой СТС

На аналоговых СТС применяются разработанные для условий сельской связи координатные системы АТС:К-50/200М, емкостью 50–200 номеров в качестве оконечных станций и АТС К-100/2000 – в качестве узловых и центральных станций. Для ЦС больших емкостей могут быть использованы АТС городского типа – АТСК, АТСК-У.

Линейные сооружения СТС состоят из воздушных и кабельных линий связи. Для повышения пропускной способности линий связи СТС широко применяются различные системы передачи с ЧРК и ВРК. Воздушные линии применяются для систем передачи типа В2 и

ВЗ соответственно с двумя и тремя высокочастотными каналами. На кабельных линиях СТС получила распространение аппаратура типа КНК-6 и КНК-12, а также система КАМА (30 каналов). Из систем с временным разделением каналов применяются системы ИКМ-15 и ИКМ-30. Эти системы могут обеспечить также передачу телеграфных сообщений, вещания и данных. Для организации связи в труднодоступной местности используются аналоговые и цифровые радиорелейные линии (РРЛ).

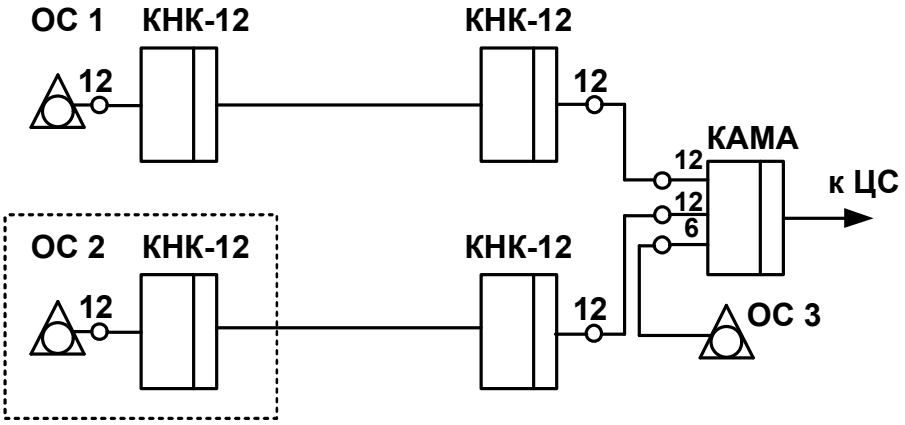


Рис. 3.3. Организация сетевого узла с ЧРК

3.1.2 Городские телефонные сети

Оборудование ГТС состоит из линейных и станционных сооружений.

К линейным сооружениям относятся:

- кабельные подземные и воздушные линии связи;
- распределительные устройства (шкафы, коробки);
- устройства телефонной канализации (колодцы, трубопроводы);
- оконечные терминалы (телефонные аппараты, таксофоны).

По своим функциям линейные сооружения разделяются на сеть абонентских линий и сеть соединительных линий.

Сеть абонентских линий (АЛ) предназначена для подключения к АТС оконечных терминалов и устройств абонентского доступа. Сеть АЛ, как правило, реализуется на кабелях с диаметром жил 0,32, 0,4 и 0,5 мм. Затухание от оконечного терминала до АТС не должно превышать 4,5 дБ.

Сеть соединительных линий (СЛ) предназначена для организации связи между абонентами, включенными в разные АТС. Для этого АТС данной сети связываются между собой либо прямыми пучками соединительных линий, либо эта связь осуществляется через одну или две транзитные коммутационные станции.

На аналоговой ГТС сеть СЛ строится с помощью физических линий или линий, уплотненных системами передачи с ЧРК или ВРК. Физические линии, как правило, являются двухпроводными с использованием кабелей ТП с жилами диаметром 0,5 и 0,7 мм. В качестве систем с ЧРК предусмотрено использование 30-канальной системы КАМА. В качестве цифровых передач с ВРК используется аппаратура ИКМ 30/32. Четырехпроводные каналы этих систем создаются на симметричных кабелях 7х4х1,2 или 4х4х1,2 для системы КАМА и на кабелях ТП 0,5 или 0,7 для ИКМ 30/32.

Оконечное оборудование систем ЧРК и ВРК устанавливают в зданиях АТС и обычно для него выделяется отдельное помещение линейно-аппаратного цеха (ЛАЦ). Кабели сетей АЛ и СЛ подключаются к станционным устройствам на щитах подключения (ЩПАЛ и ЩПСЛ), устанавливаемых в отдельном помещении, называемом кроссом.

К станционным сооружениям аналоговых ГТС относятся:

- районные АТС (РАТС);
- узловые станции (транзитные узлы) для исходящего и входящего сообщения (УИС, УВС);
- узловые станции для связи с АМТС (УЗСЛ, УВСМ);
- узлы для связи со специальными службами (УСС);
- узлы для связи с сельско-пригородными станциями (УСП).

Основными коммутационными системами на аналоговых ГТС являются:

- декадно-шаговые АТС типа АТС-47, АТС-54, АТС-54М;
- координатные АТС типа АТСК и АТСК-У.

3.2. Комбинированные ГТС. Системы нумерации в телефонных сетях

В том случае, если город является центром сельского административного района, то целесообразно строить местную *комбинирован-*

ную телефонную сеть (КТС), объединяющую ГТС и СТС. В этом случае на ГТС предусматривается организация транзитного *узла исходящего и входящего* сообщения *сельско-пригородной связи* (УСП) или ЦС. Через УСП осуществляется связь между станциями СТС, а также их соединение с ГТС.

Возможны различные способы построения КТС в зависимости от емкости и структуры ГТС. В комбинированной сети, построенной на основе районированной ГТС без узлообразования РАТС и УСП (ЦС), связываются друг с другом по принципу «каждая с каждой» (рис. 3.4). В зависимости от местных условий в ГТС предусмотрена возможность включения пригородных АТС либо на правах РАТС или УПАТС либо через УСП (ЦС).

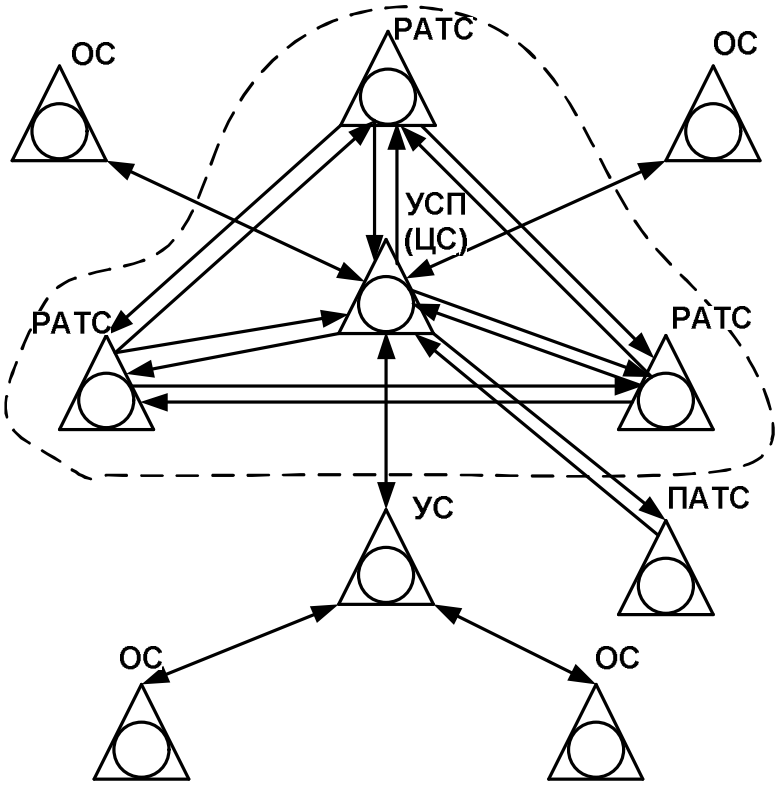


Рис. 3.4. Схема комбинированной ГТС

При построении комбинированной сети на основе ГТС с узлообразованием также организуются УСП, которые включаются в ГТС на правах стотысячного узлового района. На одной ГТС с узлообразованием может быть несколько УСП. На рис. 3.5 и 3.6 представлены примеры комбинированных сетей на базе ГТС с узлообразованием.

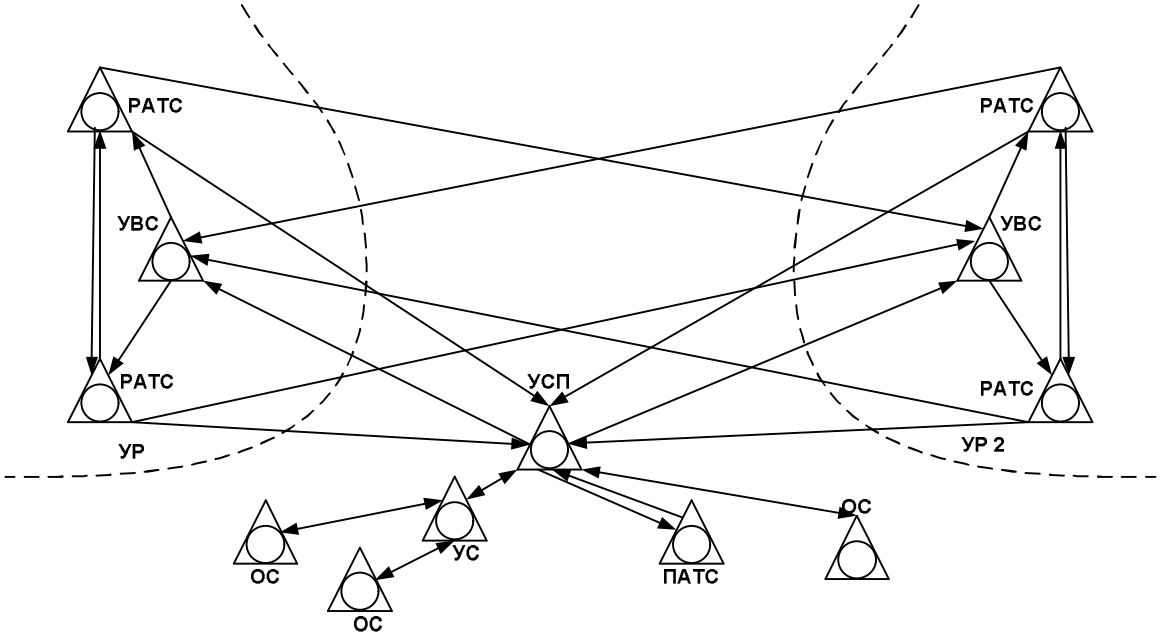


Рис. 3.5. Комбинированная сеть на основе районированной ГТС с УВС

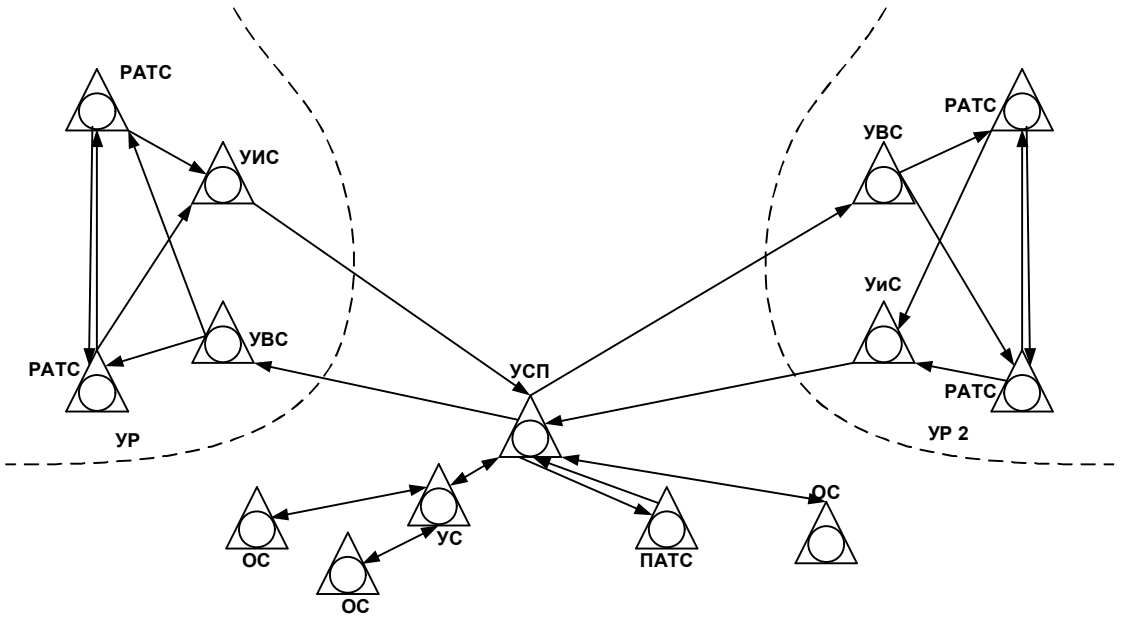


Рис. 3.6. Комбинированная сеть на основе районированной ГТС с УВС и УИС

Организация спецслужб на ГТС. Для приема государственными организациями информации от населения в экстренных случаях, а также для предоставления населению информационных услуг (справки, информация, заказы) на ГТС организуются справочные, заказные и экстренные службы. На рис. 3.7 показаны варианты организации доступа к этим службам.

Доступ к спецслужбам от абонентов ГТС осуществляется, как правило, через специальный узел входящего сообщения – *узел спецслужб (УСС)*. В зависимости от местных условий возможны различные варианты организации доступа к спецслужбам.

Выбор того или иного варианта организации доступа к службам должен определяться по технико-экономическим соображениям.

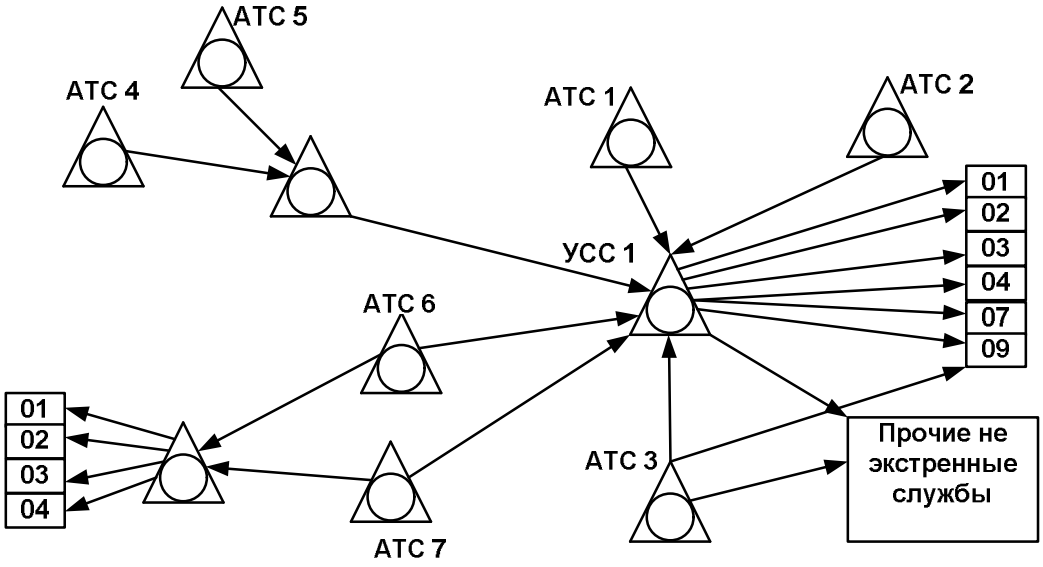


Рис. 3.7. Схема организации УСС на ГТС

Вся территория страны делится на зоны с единой системой нумерации абонентов. Однако территории нескольких областей могут быть объединены в одну зону и, наоборот, одна область может быть разделена на две зоны. Крупные города с семизначной нумерацией выделяются в самостоятельные зоны.

Каждая внутризоновая сеть включает в себя городские и сельские телефонные сети. Коммутационным центром зоны является автоматическая междугородная телефонная станция АМТС, через которую осуществляется выход на другие внутризоновые сети, а также связь внутри зоны между местными сетями (рис. 3.8).

Наиболее распространенным вариантом организации внутризоновой сети является вариант с одной АМТС в зоне. В АМТС включаются ЦС сельской сети и РАТС городской сети. РАТС соединяются с АМТС либо непосредственно, либо через узлы городской сети (УВС) и УИС). Если в зоне несколько АМТС, то они соединяются между собой по принципу «каждая с каждой». Между местными се-

тями и АМТС имеются СЛ двух видов: исходящие ЗСЛ (заказно-соединительные линии) в направлении к АМТС и входящие СЛМ (соединительные линии междугородные) от АМТС к местным сетям.

Заказно-соединительные линии (ЗСЛ) предназначены для установления исходящей автоматической междугородной связи, а также предварительных заказов на междугородные соединения с пунктами, не имеющими автоматической междугородной телефонной связи.

При установлении автоматического междугородного соединения на АМТС должен быть передан не только номер вызываемого абонента, но и номер, а также категория вызывающего абонента для начисления оплаты и предъявления счета за междугородный разговор.

Для этой цели на городских и сельских АТС устанавливается аппаратура автоматического определения номера (АОН) вызывающего абонента. После набора вызывающим абонентом индекса 8 от АМТС на местную АТС посылается сигнал запроса АОН, в ответ на который многочастотным кодом «2 из 6» передается знак категории и номер вызывающего абонента, фиксируемые в АМТС.

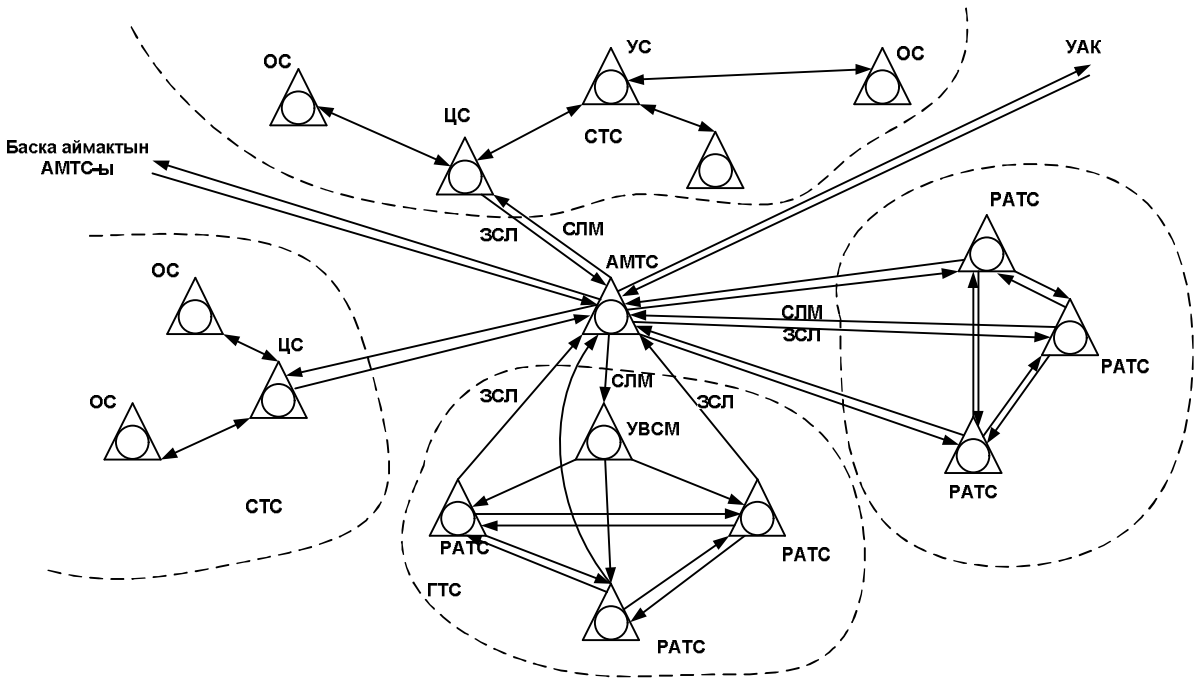


Рис. 3.8. Схема построения внутризоновой и местной сети

На крупных городских телефонных сетях областного значения пучки ЗСЛ от нескольких РАТС, входящих в состав одного узлового

района или обслуживающих смежные телефонные районы, могут конструктивно объединяться в *узле заказно-соединительных линий* (УЗСЛ). *Соединительные линии междугородные* (СЛМ) предназначены для установления входящих междугородных соединений. На стороне городских АТС СЛМ заканчиваются либо на входах районных АТС, либо в случае узлового построения ГТС на *узлах входящего сообщения междугородной связи* (УВСМ).

Системы нумерации в телефонных сетях. На телефонных сетях применяются закрытые и открытые системы нумерации, в первом случае для связи между любыми двумя абонентами сети набирается номер одной и той же значности. Во втором случае число знаков номера зависит от вида соединения. Например, внутристанционные соединения устанавливаются по сокращенному номеру, а для установления межстанционных соединений абонент набирает все знаки абонентского номера. Открытые системы нумерации могут быть с индексами выхода и без индексов выхода. На общегосударственной автоматически коммутируемой телефонной сети страны принята открытая система нумерации с индексами выхода на соответствующую сеть более высокого иерархического уровня – зоновую, междугородную, международную.

При связи внутри ГТС принята закрытая система нумерации. На СТС часто применяются различные виды открытых систем. В перспективе предполагается использование закрытой системы нумерации. В настоящее время территория страны поделена на зоны семизначной нумерации, каждой из которых присвоен трехзначный код *ABC*. В качестве *A* могут быть использованы любые цифры, кроме *1 и 2*, а в качестве *B* и *C* – любые цифры.

В пределах зоны каждый абонент имеет семизначный внутризоновый номер ***аьххххх***. Внутризоновый код ***ab*** присваивается каждой стотысячной группе номеров. В качестве первой цифры могут быть использованы любые цифры кроме ***8*** и ***0.*** В стотысячной группе абонентский номер *пятизначный* ***xxxxx***. Так как число стотысячных групп в зоне нумерации не может превышать 80, то предельная емкость внутризоновой сети 8 млн. номеров.

В зависимости от емкости сети нумерация на ГТС может быть пяти-, шести- или семизначной. Основной единицей емкости аналоговой городской телефонной сети является десятитысячная АТС, поэтому

абонентский номер образуется из кода АТС **x** и четырехзначного номера **xxxx** (от 0000 до 9999). Если емкость сети не превышает 10 тыс. номеров (нерайонированная) или 80 тыс. номеров (районированная), то используется пятизначная нумерация. В случае районированной сети с УВС (емкость до 800 тыс. номеров) используется *шестизначная* нумерация **bxxxxx**, где ***b***–определяет код стотысячного узлового района, **bx**–код АТС. Если рассматривается районированная сеть с УВС и УИС (емкость до 8 млн. номеров), то используется *семизначная* нумерация **aЬxxxxx,** ***ab*** – код стотысячного района. Такая ГТС является одновременно и зоной семизначной нумерации.

На ГТС первая цифра номера не должна начинаться с *8 и 0*. Цифра *8* является индексом выхода АМТС, а цифра *0* используется в качестве первой цифры номеров экстренных (101 – пожарная помощь, 102 – милиция, 103 – скорая медицинская помощь, 104 – аварийная служба газовой сети) и информационно-справочных служб. Для выхода на внутризоновую сеть (при связи с другой местной сетью, имеющей код **aЬ,** отличный от кода исходящей местной сети) набирается индекс выхода на АМТС – **8**, внутризоновый индекс **2**, а затем внутризоновый номер абонента **aЬxxxxx** входящей местной сети.

Для выхода на междугородную сеть (при связи с абонентом местной сети другой зоны нумерации, имеющей код ***ABC)*** набирается индекс выхода на АМТС – **8**, затем десятизначный междугородный номер абонента ***ABC-ab-xxxxx.*** Цифра *A,* не может быть равна *2*, т. к. **2** – индекс выхода на внутризоновую сеть (внутризоновый индекс), и **1**, т. к. **10**–индекс выхода на автоматически коммутируемую телефонную международную сеть, **19** – индекс выхода к телефонистке международной службы, ***11...18*** – вызов телефонисток междугородных служб АМТС для осуществления ручной или полуавтоматической связи. Открытая безындексная система нумерации предполагает набор разного числа цифр при связи на различных уровнях иерархии сети и применяется на СТС. Кроме безындексной системы для СТС могут применяться открытые системы с индексами выхода на УС или на ЦС и УС. Внутристанционная связь при этом осуществляется набором трехзначного номера. Закрытая пятизначная система нумерации считается перспективной для СТС.

3.3. Цифровые сети связи

Переход от аналоговой сети к цифровой позволяет добиться более эффективного функционирования и обслуживания технических средств, повышения качества передачи информации, а также расширения спектра услуг, предоставляемых абонентам. Применительно к телекоммуникационной сети в общем случае различают два типа интеграции:

1) интеграция коммутационной аппаратуры и аппаратуры передачи, на основе которой строится *интегральная цифровая сеть* (inteqrated Diqital Network-IDN);

2) интеграция видов связи (услуг), на основе которой строится *цифровая сеть с интеграцией служб* (inteqrated Strvices Diqital Network-ISDN).

Процесс перехода от аналоговой сети к цифровой можно разделить на две основные фазы. В первой фазе абонентские линии остаются аналоговыми, в то время как остальные части сети переводятся на цифровую основу. Это обусловлено тем, что в настоящее время, подавляющее большинство существующих абонентских терминалов являются аналоговыми, а стоимость цифровых терминалов высока. Первый этап цифровизации заключается в создании интегральной цифровой сети IDN .

В ближайшем будущем удешевление абонентского терминального оборудования значительно повысит спрос на дополнительные услуги связи. В связи с этим предполагается постепенный перевод всей сети на цифровую основу, включая абонентские линии. Тем самым заключительной фазой перехода от аналоговой сети к цифровой является создание полностью цифровой сети, где различные услуги (телефонные, передачи данных и т. д.) коммутируются Единой интегрированной телекоммуникационной сетью ISDN.

3.3.1. Стратегия построения цифровой сети

А) Для стратегии островов характерно то, что все существующие аналоговые системы поэтапно заменяются на цифровые в пределах ограниченных географических областей, называемых цифровыми

островами. Затем острова цифровой сети постепенно объединяются, образуя единую цифровую сеть.

Цифровые острова рекомендуется внедрять в районах с большим количеством устаревших телефонных станций, срок эксплуатации которых подходит к концу, так же в районах с широким использованием цифровых систем передачи.

Б) Стратегия наложения направлена на создание цифровой сети, охватывающей ту же самую территорию, что и существующая аналоговая сеть.

Цифровые станции соединяются между собой только цифровыми СЛ и обмениваются сигнальной информацией с помощью общеканальной системы сигнализации (ОКС № 7).

В) *Для стратегии наложения* характерна высокая стоимость первоначальных затрат при относительно низкой емкости цифровой сети, т. к. вначале вводятся цифровые средства коммутации и передачи, относящиеся к верхним уровням иерархии сети (узловые и затем оконечные станции).

Стратегия наложения и островная стратегия (каждая в отдельности), как правило, не учитывают особенности конкретного региона, поэтому на сети чаще применяется их комбинация – *прагматическая стратегия*.

Для прагматической стратегии характерно то, что в процессе развития сети ее различные участки могут модернизироваться как с использованием стратегии наложения, так и путем введения цифровых островов.

3.3.2. Построение нерайонированной цифровой ГТС

При цифровизации телефонной сети небольших городов, номерная емкость которых на перспективу 5...10 лет не превысит 100 тыс. абонентов, целесообразно строить нерайонированную цифровую ГТС. Это становится возможным благодаря появлению современных цифровых АТС максимальной емкостью 100 тыс. номеров и выше.

Модернизация существующей районированной ГТС проводится по принципу наложения и *поэтапно*. На рис. 3.9 представлена схема существующей ГТС, содержащей три электромеханических АТС. За-

тененные участки отображают два района города, где необходимо подключить новые группы абонентов.

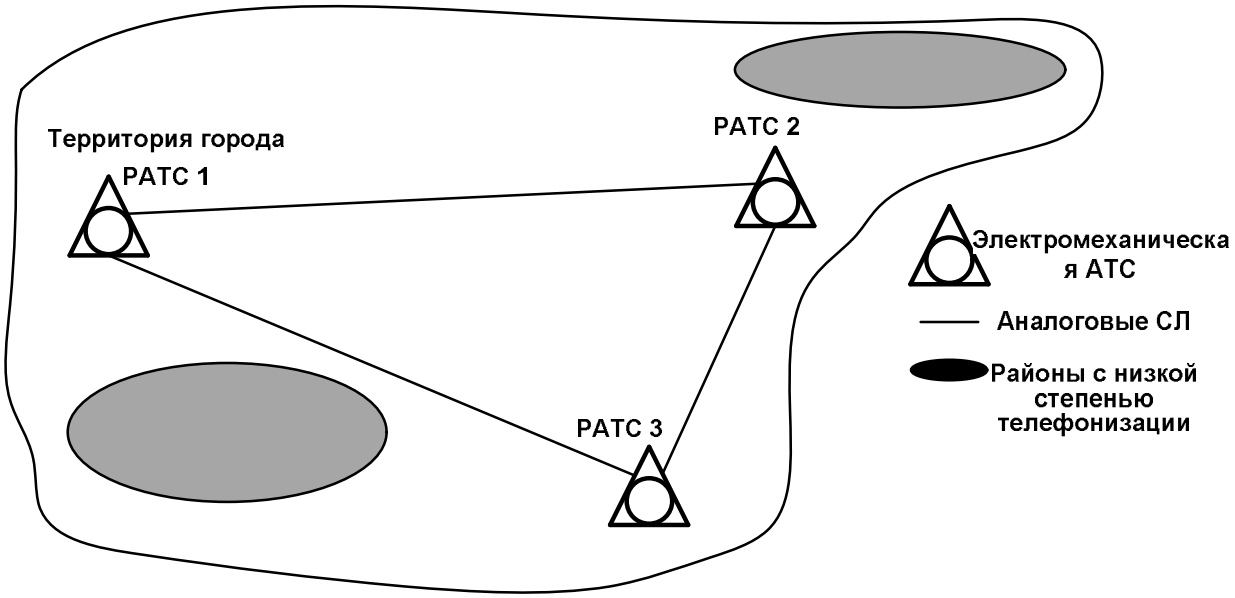


Рис. 3.9. Аналоговая районированная ГТС без узлов

На первом этапе цифровизации ГТС вводится одна новая цифровая РАТС. При этом существующая сеть сохраняет прежнюю топологию. На рис. 3.10 представлен вариант сети после введения новой АТС на первом этапе цифровизации. При этом часть абонентов РАТС 2 могут переключаться (постепенно или единовременно) в цифровую АТС (ЦАТС).

На втором этапе цифровизации ГТС осуществляется замена одной или более электромеханических АТС на концентраторы и/или мультиплексоры, подключаемые к цифровой коммутационной станции, а также их дополнительное введение в новых районах с низкой степенью телефонизации.

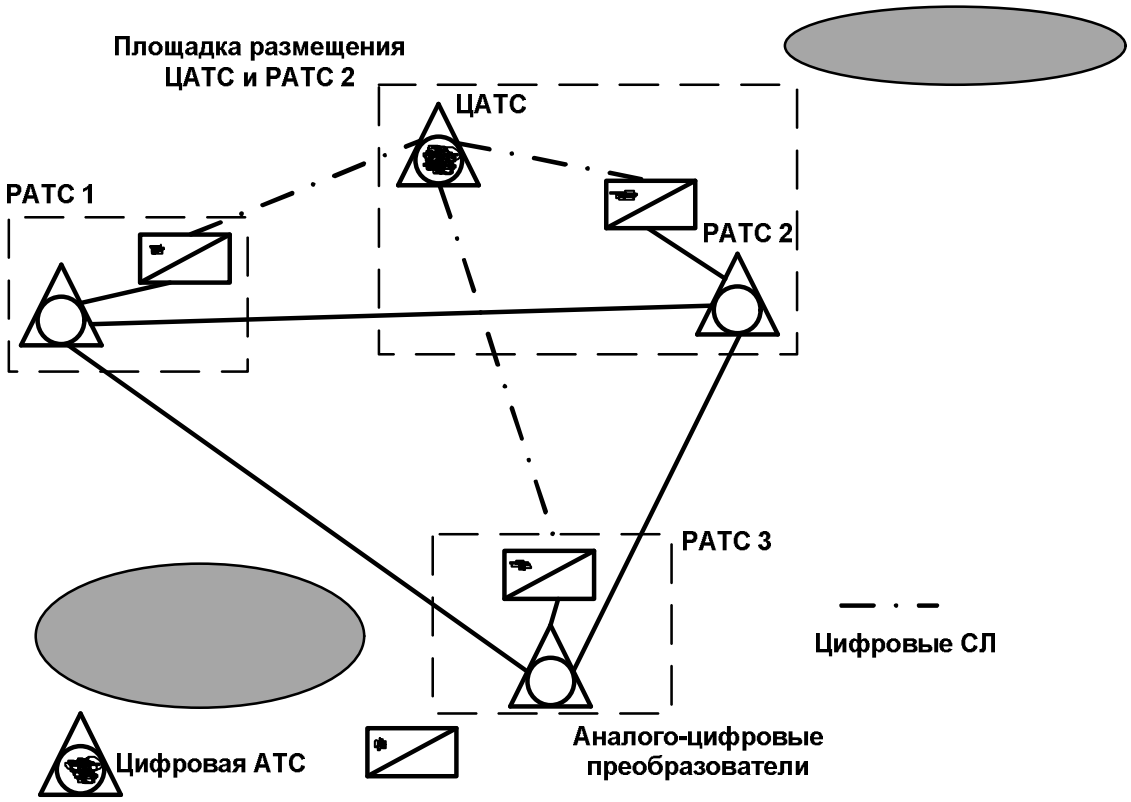


Рис. 3.10. Цифровая нерайонированная АТС после установки новой цифровой АТС

На рис. 3.11 представлен вариант второго этапа цифровизации, при котором все абоненты, ранее подключенные к РАТС 2, переключаются на ЦАТС, а сама РАТС 2 демонтируется. Концентратор К1 заменяет электромеханическую РАТС 1, а концентратор К2 установлен в новом районе с низкой степенью телефонизации.

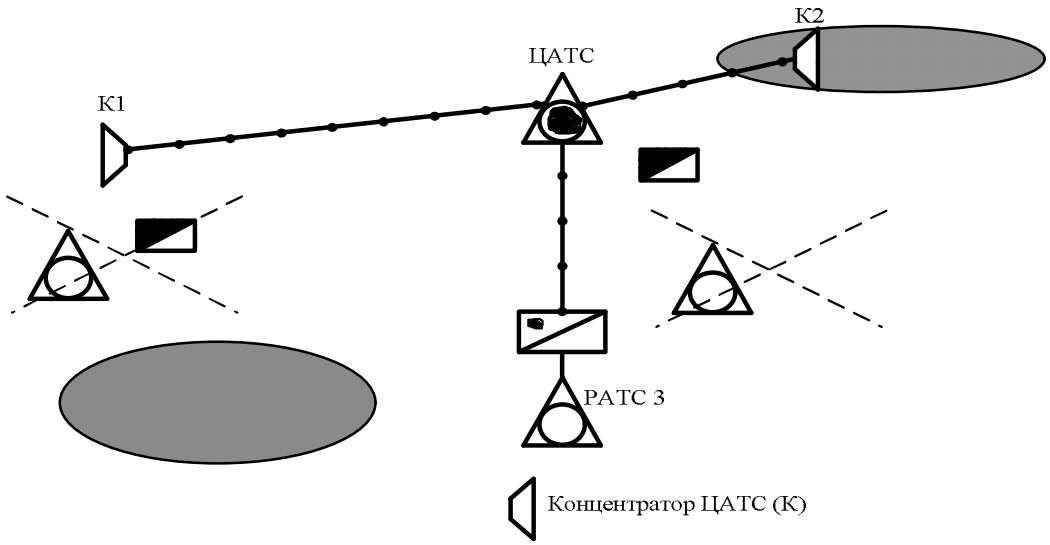


Рис. 3.11. Цифровая нерайонированная ГТС после установки концентратороов и демонтаж аналоговых АТС (2-й этап цифровизации)

На заключительном этапе цифровизации рассматриваемой ГТС последняя электромеханическая РАТС 3 заменяется концентратором К3 и еще один концентратор К4 вводится в новом районе города. Финал цифровизации ГТС представлен на рис. 3.12.

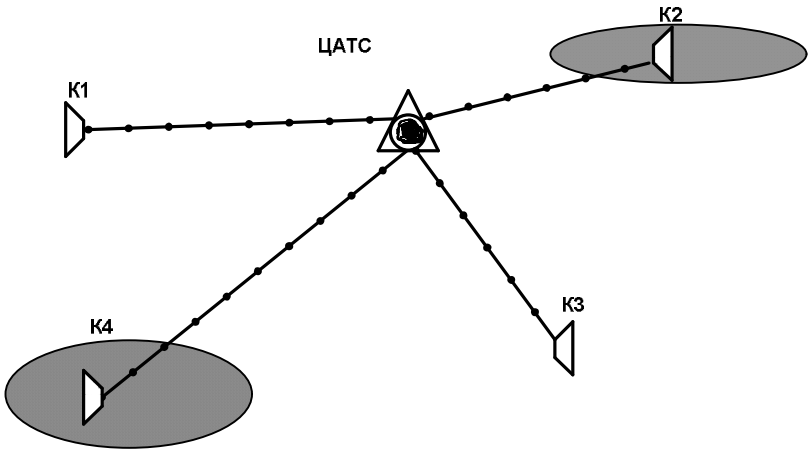


Рис. 3.12. Цифровая нерайонированная ГТС (полная цифровизация)

3.3.3. Цифровизация аналоговой районированной ГТС без узлов

При цифровизации телефонной сети более крупных городов, ожидаемая в ближайшей перспективе номерная емкость которых лежит в ориентировочных пределах от 100 тыс. до 1–2 млн. номеров, целесообразно строить районированную цифровую ГТС с переходом на шестизначную нумерацию.

На *первом этапе* вновь вводимая первая цифровая АТС должна быть связана со всеми РАТС существующей аналоговой сети цифровыми каналами. При этом оборудование АЦП (системы передачи ИКМ) устанавливается на стороне электромеханических станций (рис. 3.13).

На втором этапе одна или несколько цифровых АТС могут, как вводиться вновь, так и заменять аналоговые АТС. При этом возможны *два основных варианта взаимосвязи между АТС наложенной цифровой и существующей аналоговой сети:*

В качестве примера второго этапа модернизации приведен вариант, при котором в дополнение к первой цифровой РАТС 12, которая заменила аналоговую РАТС 2, вновь введена цифровая РАТС 14.

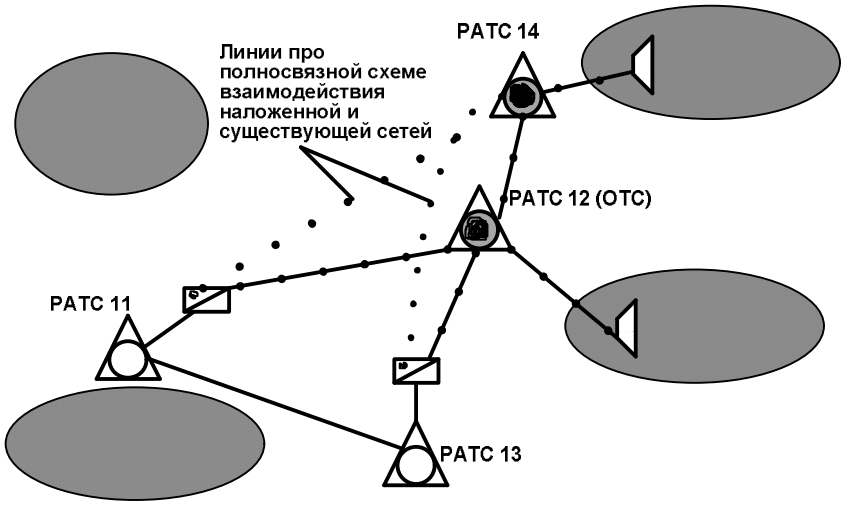


Рис. 3.13. Цифровая районированная ГТС после второго этапа цифровизации

Следует отметить, что произошел переход сети на шестизначную нумерацию с ожиданием значительного увеличения абонентской емкости ГТС. К цифровым РАТС 12 и РАТС 14 подключаются выносные концентраторы, установленные в удаленных зонах с низкой степенью телефонизации.

Как показано на рис. 3.14, цифровая РАТС 14, как и все вновь вводимые, будут связываться сосуществующими аналоговыми РАТС через одну или несколько цифровых АТС, которые получают статус *опорно-транзитных станций (ОТС).*

Заключительным этапом цифровизации рассматриваемой ГТС является замена всех электромеханических АТС на цифровые и их соединение по принципу «каждая с каждой». На рис. 3.14 приведен пример финальной, стадии цифровизации ГТС.

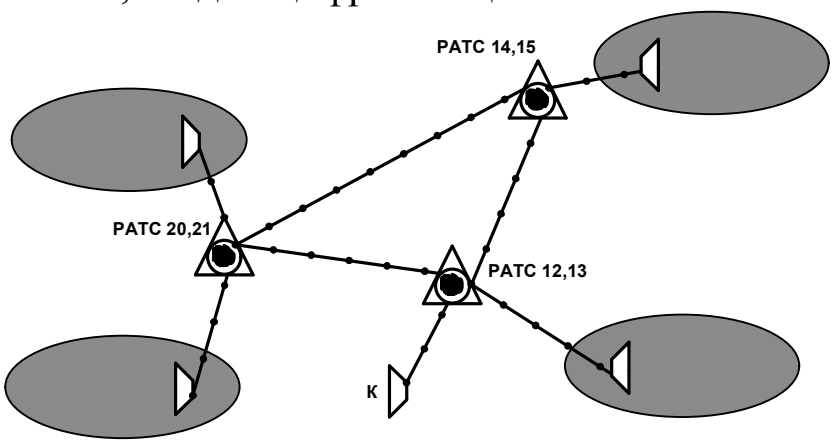


Рис. 3.14. Цифровая районированная ГТС (полная цифровизация)

3.3.4. Цифровизация аналоговой районированной ГТС с узлообразованием

Цифровизация аналоговой районированной ГТС с УВС.

При внедрении цифровых коммутационных станций на существующей ГТС с УВС вместо одного или нескольких узловых районов аналоговой ГТС организуется отдельный сто-, двухсоттысячный и т. д. узловой район наложенной цифровой сети, для которого выделяются отдельные стотысячные индексы из резервной номерной емкости. Этот новый узловой район и будет являться базой для создания наложенной сети.

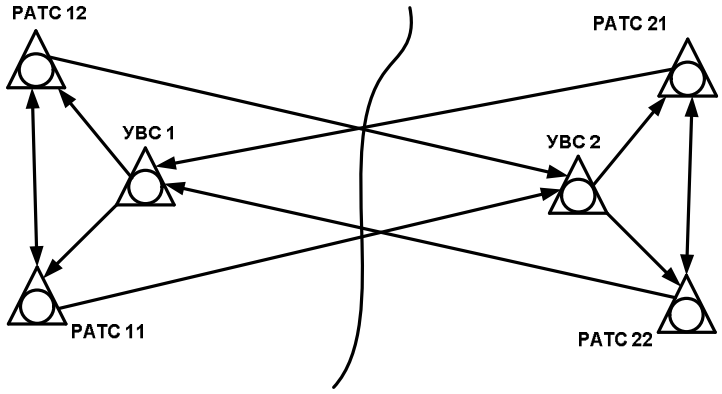


Рис. 3.15. Аналоговая районированная ГТС с узлами УВС

Структура сети на момент установки первой цифровой АТС представлена на рис. 3.16. Пусть первой цифровой АТС выделен индекс 13 и она выполняет следующие функции:

- опорной (оконечной) станции для включенных в нее абонентов;
- УВС нового узлового района для четырех аналоговых АТС существующей сети;
- УИС нового узлового района.

Помимо этих функций, новая АТС может также выполнять роль УВСМ и УЗСЛ. Цифровая АТС, одновременно выполняющая функции оконечной станции и узла, называется *опорно-транзитной станцией* (ОТС). Цифровая ОТС 13 связывается со всеми аналоговыми РАТС существующей ГТС цифровыми трактами с установкой аналого-цифрового оборудования на стороне электромеханических станций. Пример схемы исходной аналоговой ГТС с УВС представлен на рис. 3.15.

Предположим, что на следующем этапе модернизации сети вводятся еще две цифровые станции, заменяющие аналоговые УВС и РАТС 2-го и 3-го узлов (рис. 3.17).

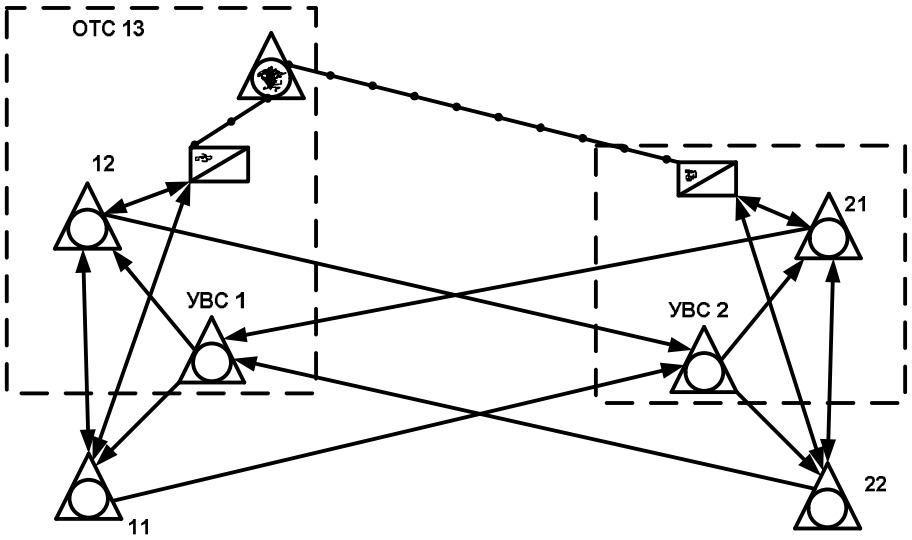


Рис. 3.16. Аналоговая районированная ГТС после установки первой цифровой АТС (ОТС 13)

Кроме того, к ОТС 13 дополнительно переключается десятитысячная группа абонентов аналоговой РАТС 12, которая демонтируется. Цифровые коммутационные станции должны связываться между собой цифровыми трактами по принципу «каждая с каждой».

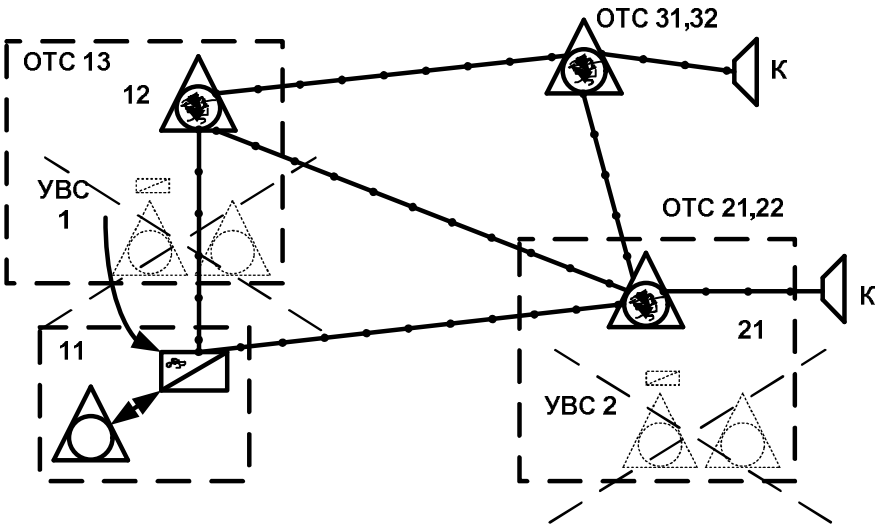


Рис. 3.17 Аналоговая районированная ГТС после установки дополнительных цифровых АТС

На рис. 3.18 представлен третий вариант, в котором ОТС 12,13 и ОТС 21, 22 обеспечивают взаимодействие ОТС 31, 32 с существующей аналоговой сетью. Станция ОТС 31, 32 на этом этапе не выполняет функции транзита. Предположим, что на этом этапе аналоговыми остаются УВС и РАТС четвертого узла, а также РАТС 11, ранее относящаяся к первому узлу. Вариант окончательной фазы цифровизации районированной аналоговой ГТС с узлами УВС представлен на рис. 3.18.

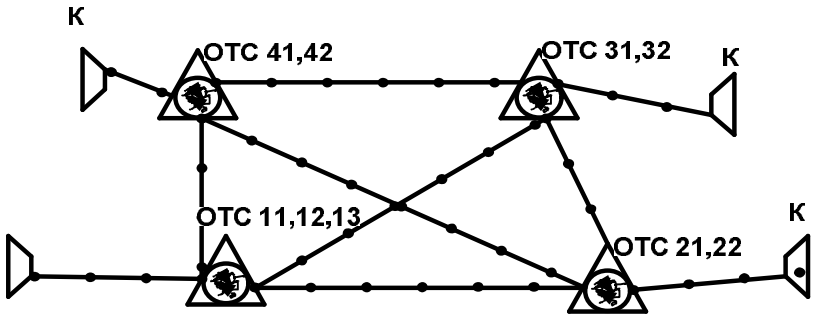


Рис. 3.18 - Аналоговая районированная ГТС после заключительной фазы цифровизации

3.3.5. Цифровые сети с кольцевой структурой

В системах *плезиохронной цифровой иерархии* (Plesiochronous Diqital Hierarchy – PDH скорости объединяемых цифровых потоков могут незначительно отличаться друг от друга в пределах допустимой нестабильности задающих генераторов ЦСП, расположенных на различных станциях сети. Это требует принятия специальных мер для согласования скоростей цифровых потоков при их объединении в поток более высокой ступени иерархии. Поэтому оборудование ЦСП заметно усложняется, а также снижаются качественные показатели сети в целом. В последние годы широко внедряются высокоэффективные системы, относящиеся к *синхронной цифровой иерархии* (Synchronous Diqital Hierarchy – SDH). Это связано с тем, что при строгой синхронности объединяемых потоков значительно упрощается техника их объединения и разделения. Кроме того, обеспечивается прямой доступ к компонентам составляющих потоков без разделения общего, а также появляются заметные преимущества эксплуатации и технического обслуживания сети связи**.**

Сеть SDH предусматривает возможность передачи сигналов сформированных с помощью оборудования PDH. Исходные сигналы посредством процедуры временного группообразования преобразуются в *синхронный транспортный модуль* (Synchronous Transport Module – STM) соответствующего уровня. Скорость передачи STM первого уровня (STM-1) установлена 155, 520 Мбит/с. Для STM более высокого уровня предусматривается увеличение скорости в *N* раз. Стандартные системы SDH приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Стандартные системы SDH

Характеристика	**STM-1**	**STM-4**	**STM-16**	**STM-64**
Число каналов	1920	7680	30720	122880
Скорость, Мбит/с	155,520	622,080	2488,320	9953,280

При использовании оборудования SDH сети преимущественно строятся в виде волоконно-оптических колец, на которых в пунктах концентрации нагрузки устанавливаются мощные транзитные центры (сетевые узлы), а вдоль по кольцу – мультиплексоры и кроссовое оборудование для выделения цифровых потоков по мере необходимости (сетевые станции). Система SDH совместима с существующими плезиохронными сетями и позволяет развивать и модернизировать существующие цифровые сети без перерывов в их работе. Взаимодействие с системами плезиохронной иерархии возможно на уровнях 2, 34 и 140 Мбит/с. По сети SDH наиболее эффективно транспортировать поток 140 Мбит/с, который позволяет организовать 1920 цифровых каналов (ЦК) со скоростью 64 кбит/с каждый. При транспортировании потоков по 2 Мбит/с (30 ЦК) полезная нагрузка ЗТМ-1, который может нести 63 таких потока, оказывается меньше: *63×30=1890 ЦК*. Наименее эффективен прямой ввод в сеть SDH потоков 34 Мбит/с (480 ЦК), т. к. при этом ЗТМ-1 несет только три таких потока и полезная нагрузка составляет всего *3×480=1440 ЦК*.

ГТС на основе плезиохронных сетей могут строиться только при небольшом числе станций на сети. При увеличении числа станций увеличивается и объем согласующего оборудования на каждой станции, что приводит к неоправданно большим затратам. В отдельных случаях оборудование PDH также можно использовать для подклю-

чения удаленных цифровых АТС, не включенных в кольцо, к опорно-транзитным или транзитным станциям.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что наиболее перспективно проводить цифровизацию первичной городской сети на основе построения кольцевой сети SDH (рис. 3.19).

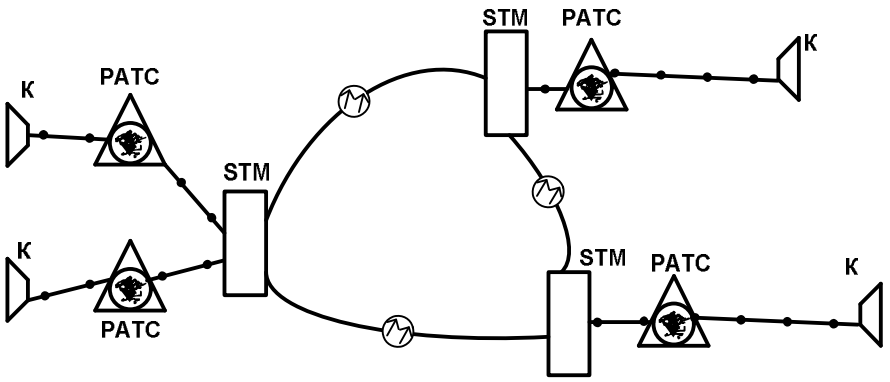


Рис. 3.19 - Кольцевое построение сети на ГТС

3.3.6. Стратегия цифровизации СТС

Стратегия постепенной замены аналоговых АТС на цифровые.

Для рассматриваемой стратегии характерен тот факт, что первая цифровая АТС становится оконечной станцией ОС. Структура сети, иллюстрирующая стратегию постепенной замены аналоговых АТС, представлена на рис. 3.20.

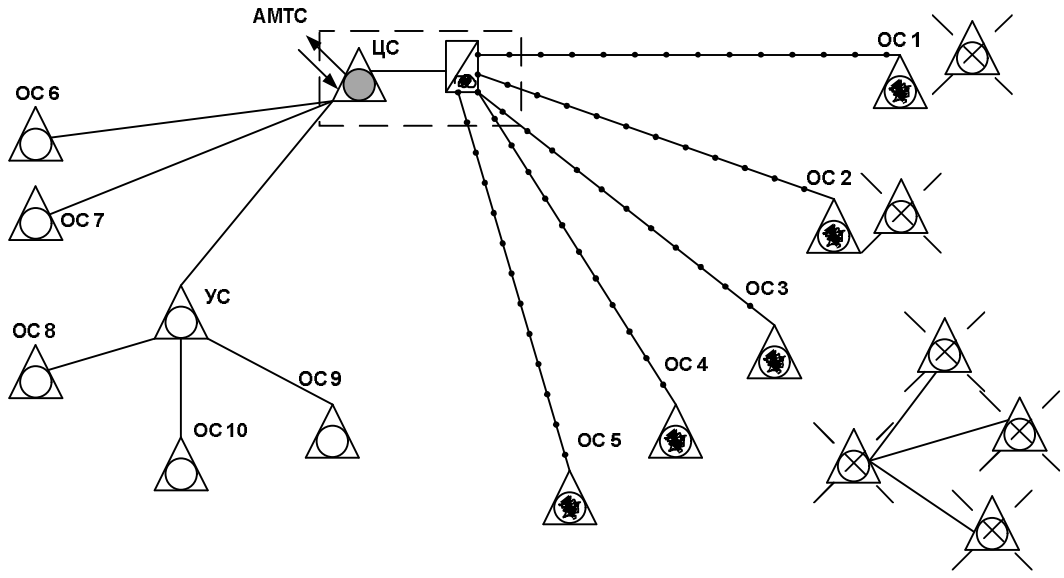


Рис. 3.20. Стратегия постепенной замены аналоговых АТС на СТС

Стратегия построения наложенной сети. В этом случае первой из заменяемых сельских АТС становится ЦС. На последующих этапах цифровизации цифровые концентраторы или мультиплексоры либо вводятся вновь, либо замещают устаревшие электромеханические АТС. При этом они соединяются с уже цифровой ЦС посредством цифровых линий связи ИКМ.

Преимуществом данной стратегии является возможность использования в рамках наложенной сети сигнализации ОКС 7. ЦС осуществляет синхронизацию наложенной сети и обеспечивает функции системы технической эксплуатации СТС. Так как цифровизация СТС осуществляется поэтапно, то возникает необходимость выбора оптимальных принципов сопряжения цифровой ЦС с еще не замененными электромеханическими АТС.

Вариант 1. Идея первого варианта сопряжения показана на рис. 3.21.

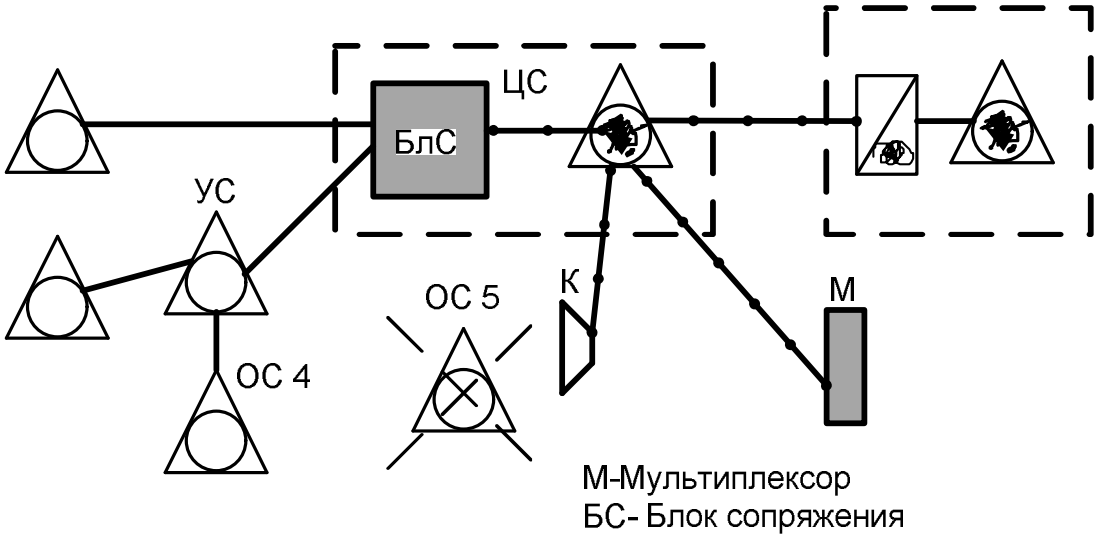


Рис. 3.21. Первый вариант сопряжения цифровой ЦС с аналоговыми АТС

Для взаимодействия цифровой ЦС с еще не замененными аналоговыми ОС и УС целесообразно использовать блок *сопряжения* (БлС), который занимает часть площади бывшей ЦС.

Все новые концентраторы или мультиплексоры соединяются с ЦС стандартными каналами ИКМ. Оставшиеся аналоговые ОС и УС существующей СТС связываются с ЦС через БлС.

Вариант 2. Идея второго варианта сопряжения показана на рис. 3.22.

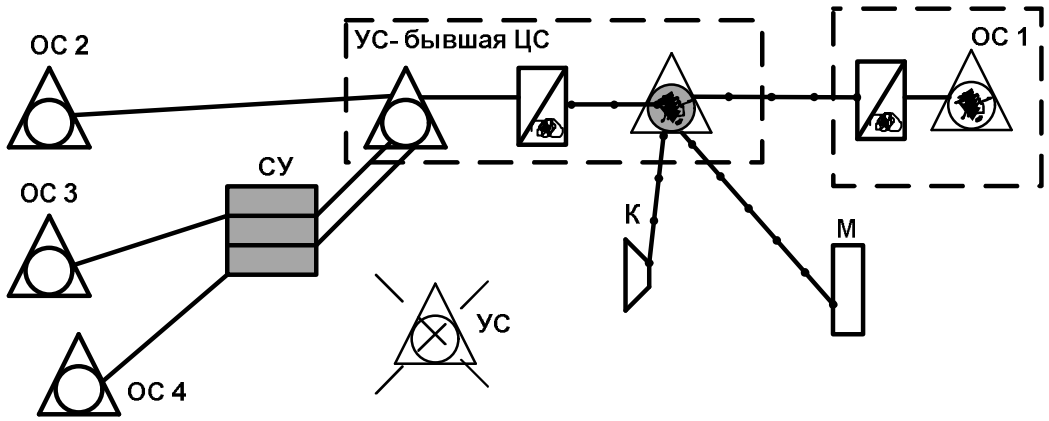


Рис. 3.22. Второй вариант сопряжения цифровой ЦС с аналоговыми АТС

После введения цифровой ЦС бывшая аналоговая ЦС не демонтируется, а приобретает статус УС, в которую включаются ОС. Все новые концентраторы и мультиплексоры также соединяются с цифровой ЦС посредством стандартных каналов ИКМ. На месте аналоговых УС организуются сетевые узлы (СУ), в которых создаются прямые пучки СЛ от ОС до УС (бывшая ЦС). При этом бывшая аналоговая УС может продолжать функционировать как ОС (без транзита), если не требуется ее замена по причине физического износа.

Стратегия интеграции СТС с ГТС райцентра.

На первом этапе устанавливается цифровая коммутационная станция и АЛ, включенные ранее в ЦС, полностью или частично переключаются на нее, как показано на рис. 3.22. При полном переключении АЛ в цифровую РАТС 3 ЦС становится узлом сельско-пригородной связи (УСП).

На втором этапе осуществляется постепенная замена аналоговых ОС за счет установки концентраторов или мультиплексоров, которые включаются в цифровую РАТС 3, как показано на рис. 3.23. При этом УС сельской телефонной сети полностью демонтируются.

По мере замены ОС на концентраторы или мультиплексоры вся СТС становится цифровой. Так как абоненты демонтированных ОС становятся абонентами ГТС райцентра, то СТС фактически интегрируется с ГТС райцентра.

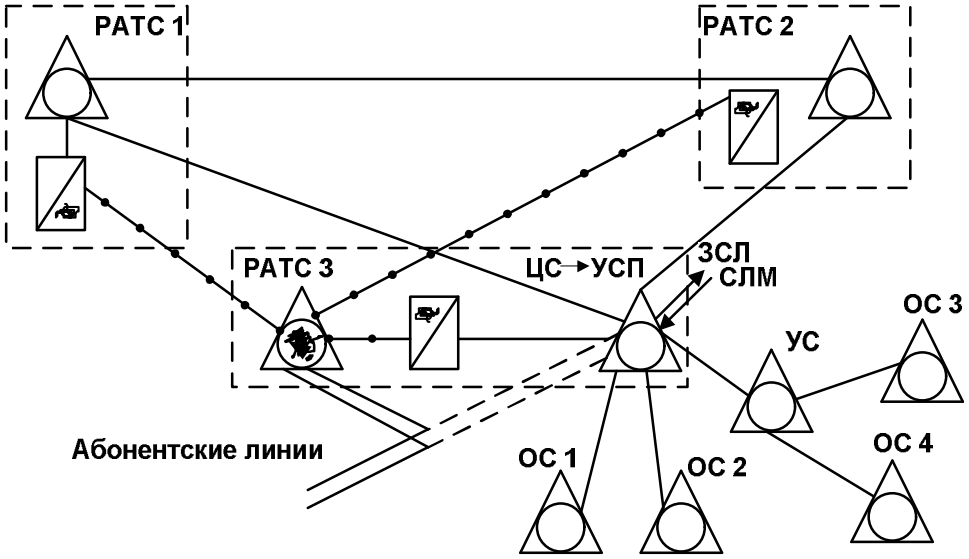


Рис. 3.23. Второй этап интеграции СТС с ГТС райцентра

На *заключительном этапе* модернизации СТС все аналоговые РАТС на ГТС райцентра заменяются на цифровые коммутационные станции, а все ОС на концентраторы и мультиплексоры, как показано на рис. 3.24.

При этом пучки ЗСЛ и СЛМ с аналогового УСП переключаются на цифровую РАТС 3, которая выполняет функции ЦС сельской сети, интегрированной с ГТС райцентра.

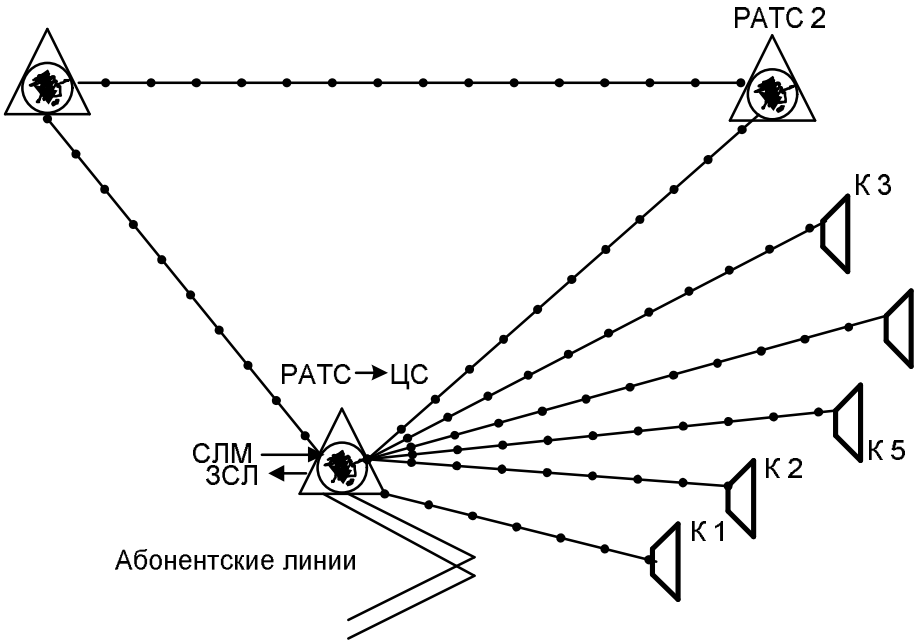


Рис. 3.24. Заключительный этап интеграции СТС с ГТС райцентра

3.4. Телефонные сети различного уровня иерархии

В любой крупной сети принято выделять иерархические уровни. Такое выделение можно рассматривать как классификацию по определенному признаку (таксону). На фронтальной грани куба, изображенного на рис. 3.25, перечислены основные уровни иерархии, которые свойственны ТФОП. На боковой грани куба выделены два компонента (коммутируемая и транспортная сети), которые можно выделить для всех иерархических уровней ТФОП с точки зрения решаемых функциональных задач. Верхняя грань, при необходимости, может быть использована для введения дополнительной классификации по каким-либо другим признакам.

В качестве нижнего уровня иерархии показана сеть в помещении пользователя. Строго говоря, ее создание и поддержка не входят в компетенцию Оператора ТФОП.

Многие современные предприятия используют УАТС, локальную вычислительную сеть (ЛВС) и телекоммуникационные системы поддержки бизнес-процессов. В подобных случаях компонент "сеть в помещении пользователя" целесообразно включать в состав уровней иерархии ТФОП.

Следующий иерархический уровень – сеть доступа. Она служит "связующим звеном" между двумя иерархическими уровнями. Ее задача состоит в организации связи между оборудованием пользователя и базовой сетью.

Базовая сеть на рис. 3.25 разделена на четыре иерархических уровня. Нижний из этих уровней соответствует местной (городской или сельской) телефонной сети. ГТС создается в границах города, а СТС – на территории сельского административного района. В ряде ГТС и СТС, в свою очередь, можно выделить два уровня иерархии. На рис. 3.25 они обозначены как сети межстанционной и межузловой связи.

Зоновая телефонная сеть обычно создается в границах крупного административного района. Отличительный признак зоновой телефонной сети – присвоение ей уникального кода для междугородной связи, обозначаемого буквами ABC.

Типичная зоновая сеть состоит из нескольких местных сетей – ГТС и СТС. Между собой местные сети связаны каналами внутризо-

новой связи. Эти каналы коммутируются в АМТС или в зоновом телефонном узле (ЗТУ).

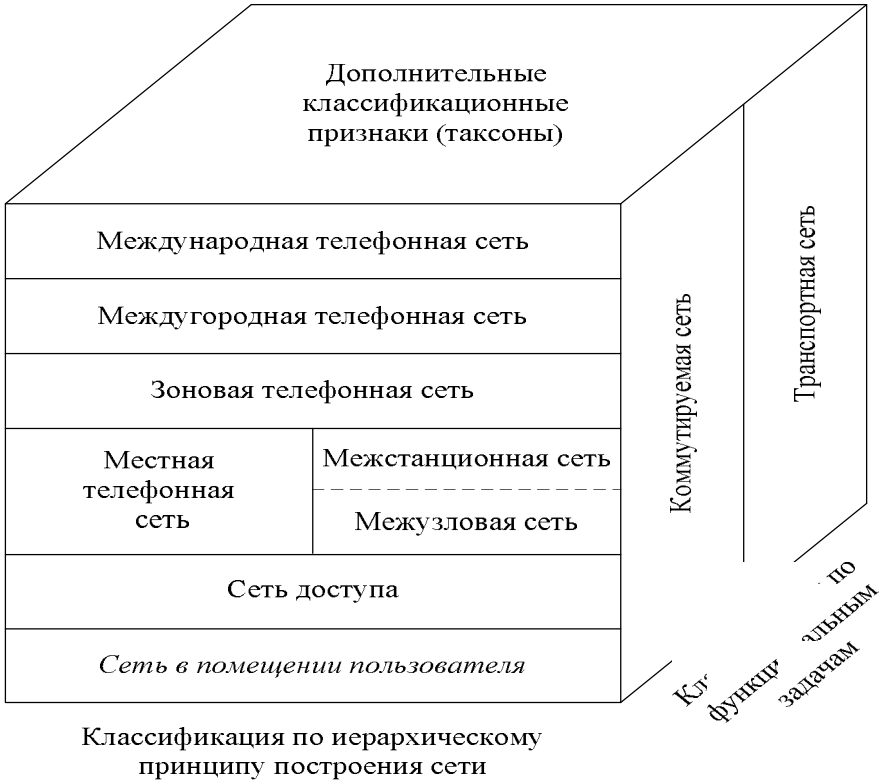


Рис. 3.25. Иерархические уровни в ТФОП

На следующем уровне иерархии ТФОП расположена междугородная телефонная сеть. Она обеспечивает связь между зоновыми телефонными сетями. Кроме того, в задачи междугородной телефонной сети входит обеспечение доступа к международным центрам коммутации (МЦК). Эти центры представляют собой элементы верхнего уровня иерархии ТФОП – международной телефонной сети.

В конце XIX и в начале XX вв. все ГТС создавались за счет установки всего одной телефонной станции. Рост ряда сетей привел к необходимости установки второй, третьей и последующих телефонных станций. Тем не менее, в небольших городах часто функционирует одна АТС – рис. 3.26. Такие сети называют нерайонированными. Применение цифровых коммутационных станций позволяет экономично строить нерайонированные ГТС емкостью в несколько десятков тысяч номеров. В этом случае в составе АТС используются выносные модули – концентраторы.

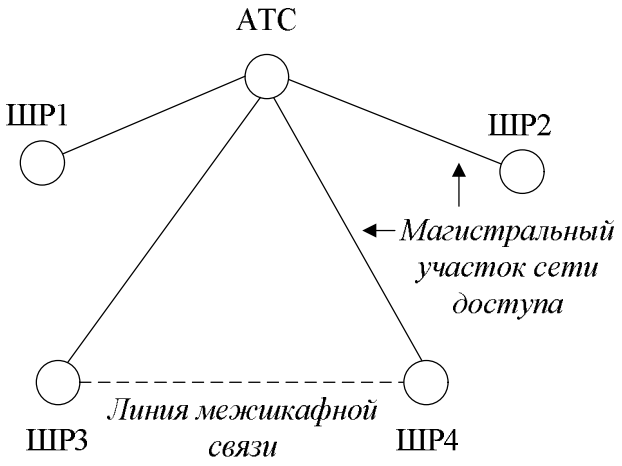


Рис. 3.26. Существующая нерайонированная городская телефонная сеть

На рис. 3.26 изображены две структуры перспективной нерайонированной ГТС, в которой установлена цифровая АТС. Кружки, соответствующие цифровым АТС, окрашены темным цветом. Фрагмент (а) иллюстрирует принципы построения транспортной сети, которая представлена в виде совокупности трех колец. Нулевой СУ располагается в здании АТС. Номера всех остальных СУ совпадают с номерами тех концентраторов, для которых они формируют транспортные ресурсы в виде стандартных цифровых трактов.

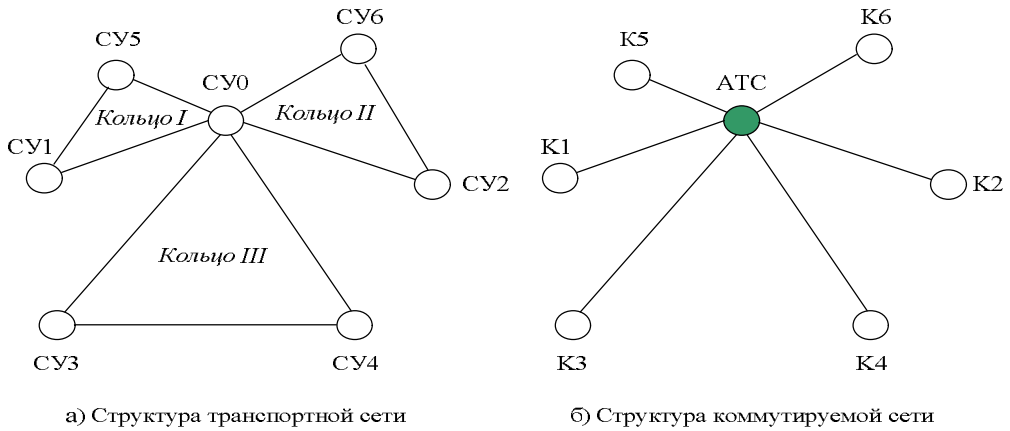


Рис. 3.27. Перспективная нерайонированная городская телефонная сеть

Структура коммутируемой сети показана в правой части рис. 3.27 – фрагмент (б) (фрагмент *б* отсутствует на рис. 3.27). Она представляет собой топологию типа "звезда". Очевидно, что между АТС и каж-

дым концентратором благодаря кольцевой структуре транспортной сети существуют два независимых (с точки зрения надежности) пути обмена информацией. Построение ГТС с применением выносных концентраторов имеет ряд преимуществ, среди которых следует выделить сокращение средней длины АЛ и снижение затрат на обновление версий программного обеспечения цифровой АТС.

Очевидно, что для крупных городов, территория которых измеряется сотнями квадратных километров, длина АЛ становится такой, что по затуханию и сопротивлению шлейфа ее использование становится принципиально невозможным. Разумный выход из такого положения – установка нескольких АТС. Деление территории на фрагменты, в каждом из которых устанавливается АТС, называется районированием. Эти АТС стали именоваться районными. Отсюда и сокращение – РАТС.

На рис. 3.28 показан пример районированной сети, в которой установлены пять РАТС. Все пять коммутационных станций связаны между собой по принципу "каждая с каждой".

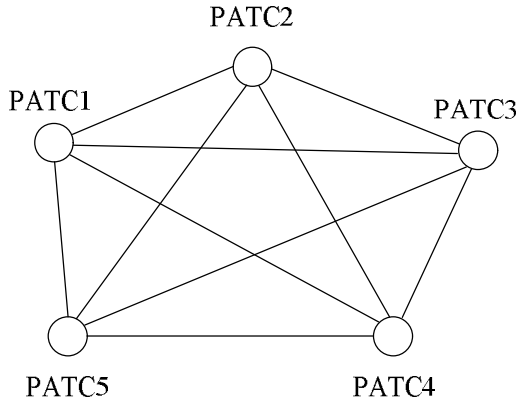


Рис. 3.28. Районированная городская телефонная сеть

При цифровизации ГТС такая структура межстанционной связи может применяться для создания значительной части местных телефонных сетей. Исключением могут стать ГТС в мегаполисах. Естественно, что в составе каждой АТС используются выносные концентраторы.

ГТС одной и той же емкости может быть построена за счет установки различного числа РАТС. При этом средняя емкость РАТС меняется.

При значительном числе РАТС количество пучков СЛ становится чрезмерно большим. Их емкость невелика, что приводит к низкому использованию каждой СЛ. Транспортной сетью с большим количеством пучков СЛ сложнее управлять. При построении ГТС емкости сети свыше 80000 номеров самой экономичной была признана структура связи РАТС через УВС.

Пример сети с УВС показан на рис. 3.28. Предполагается, что в составе ГТС выделено два узловых района. В первом узловом районе расположены три РАТС. Для станции под пятнадцатым номером показаны три типичных варианта включения телефонных аппаратов. Во втором узловом районе установлены две РАТС. Все РАТС одного узлового района связаны между собой по принципу "каждая с каждой".

При большом взаимном тяготении и технической возможности между некоторыми РАТС разных узловых районов могут использоваться прямые (не проходящие через УВС) пучки СЛ. Такой вариант показан штрихпунктирной линией для РАТС17 и РАТС29.

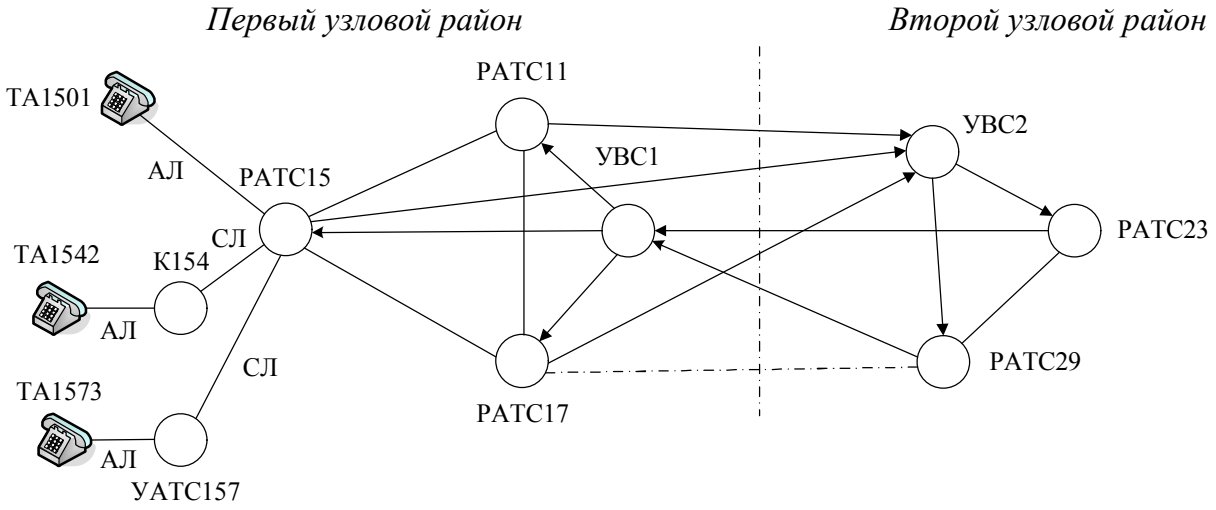


Рис. 3.29. Городская телефонная сеть с узлами входящего сообщения

В крупных городах применение УВС не обеспечивало экономичное построение телефонных сетей. В результате проведенных исследований было установлено, что при емкости ГТС свыше 800000 номеров целесообразно использовать узлы двух типов: УИС и УВС. Оборудование УИС и УВС в каждом узловом районе для повышения надежности связи разносилось, как минимум, на две площадки.

Типичная структура сети с УИС и УВС приведена на рис. 1.8. Показаны два узловых района. В первом узловом районе изображена только одна РАТС. Для нее, как и на предыдущем рисунке, проиллюстрированы три основных варианта включения терминалов. Во втором узловом районе насчитывается три РАТС. Они связаны между собой по принципу "каждая с каждой". Пучок СЛ между УИС2 и УВС обеспечивает также еще один маршрут установления соединения между РАТС второго узлового района. Этот маршрут проходит через УИС2 и УВС2.

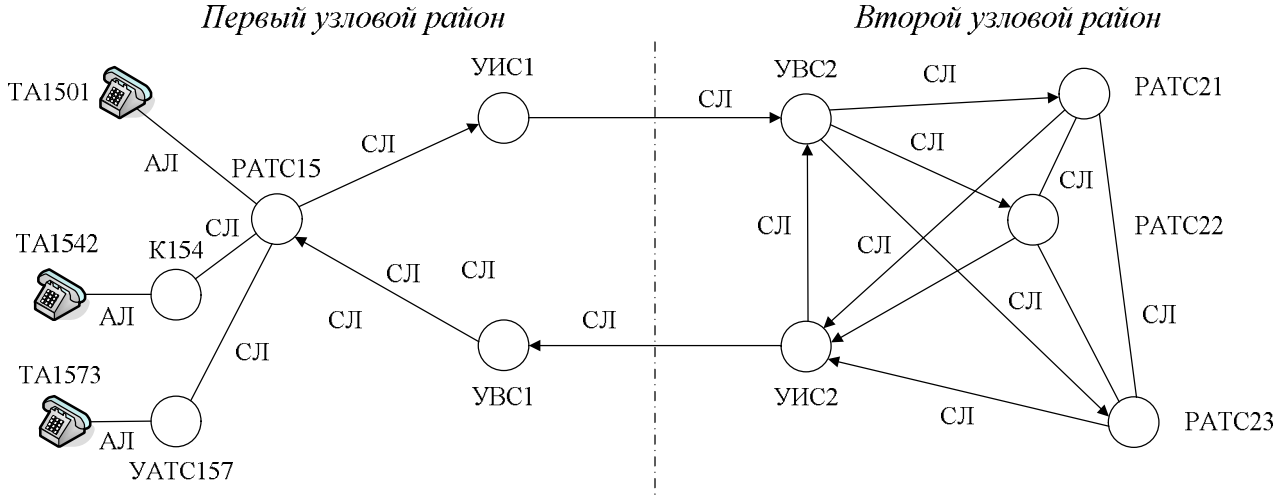


Рис. 3.30. Городская телефонная сеть с узлами исходящего и входящего сообщения

Выбор оптимального количества узловых районов и определение их границ для территории города – сложная задача, для решения которой используются современные экономико-математические методы.

Сельские телефонные сети Важная особенность СТС заключается в том, что ее ресурсы (в основном, речь идет о транспортной сети) активно использовались для телеграфной связи, подачи программ звукового вещания и обмена данными. Типичная структура СТС приведена на рис. 3.31. Она иллюстрирует два используемых в СТС способа связи между ОС и ЦС: радиальный и радиально узловой. ОС902 и ОС903 соединены с ЦС непосредственно. Этот способ связи называется радиальным. ОС911 и ОС912 включены в УС, что соответствует радиально узловой схеме.

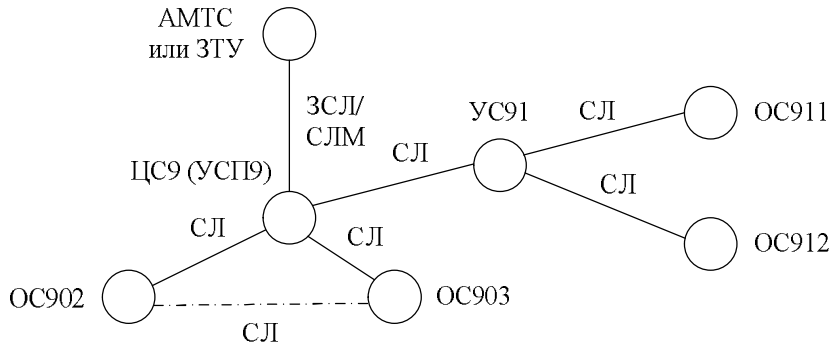


Рис. 3.31. Структура типичной сельской телефонной сети

Штрихпунктирной линией на рис. 3.30 показан прямой пучок СЛ между двумя ОС. Такая возможность предусмотрена принципами построения системы сельской связи, но на практике используется очень редко.

В ряде руководящих документов встречался термин "комбинированная сеть". Он использовался для того, чтобы отметить возможность создания в районном центре ГТС. Тогда на территории сельского административного района формально сосуществуют и СТС, и ГТС. В официальных документах, опубликованных в последние годы, термин "комбинированная сеть" не используется.

Сети дальней связи. Важнейшим компонентом зоновой телефонной сети считается МТС, расположенная в центре крупного административного района. На рис. 3.32 показаны основные виды соединений, устанавливаемые в сети внутризоновой телефонной связи. Эти соединения можно проиллюстрировать для трех терминалов, включенных в РАТС, ЦС и одну из ОС.

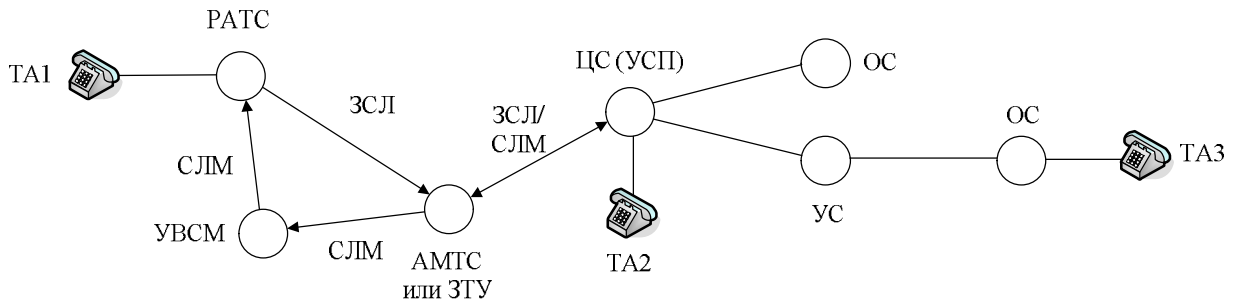


Рис. 3.32. Виды соединений при внутризоновой телефонной связи

При установлении соединения между ТА1 и ТА2 тракт обмена информацией будет установлен через РАТС, АМТС (либо ЗТУ) и ЦС. В данном случае в ГТС райцентра подразумевается установка ЦС. Если в СТС используется УСП, то ТА2 включается в одну из РАТС, входящих в состав ГТС районного центра. При установлении соединения между ТА1 и ТА3 разговорный тракт проходит через пять коммутационных станций: РАТС, АМТС (либо ЗТУ), ЦС (либо УСП), УС и ОС. Соединение между ТА2 и ТА3 осуществляется в пределах СТС.

В начале XXI века началась демонополизация рынка междугородной и международной телефонной связи. Связь абонентов, включенных в разные ГТС ("А" и "В" на рис. 3.33), может осуществляться через несколько сетей междугородной связи, которые эксплуатируются разными Операторами. Для рассматриваемой модели изображено М сетей междугородной связи.

При построении ГТС основная доля инвестиций Оператора направляется на приобретение и установку коммутационного оборудования. При построении междугородной телефонной сети (особенно между городами, существенно удаленными друг от друга) основная доля затрат Оператора приходится на каналы между коммутационными станциями. Поэтому оптимизационные задачи, решаемые при построении междугородной и местных сетей, имеют определенные различия. Каждая из М сетей междугородной телефонной связи строится различными способами.

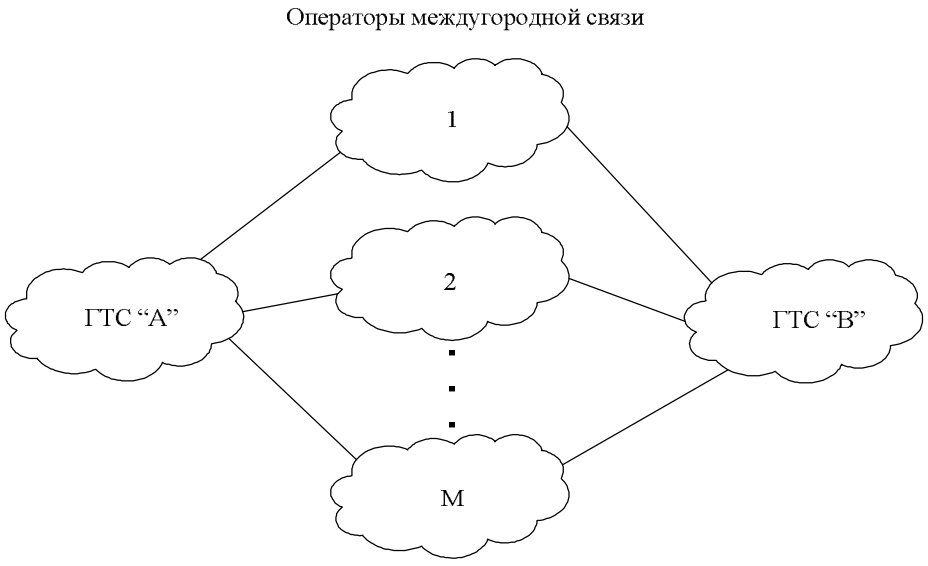


Рис. 3.33. Современные принципы организации междугородной телефонной связи

Тем не менее, все Операторы руководствуются идентичными соображениями. Поэтому структуры этих сетей будут похожи. Этот вывод позволяет остановиться на анализе структуры междугородной телефонной связи, созданной до демонополизации рынка дальней связи. Ее модель приведена на рис. 3.34. Она иллюстрирует возможные пути для установления соединения между абонентами, находящимися в городах "*А*" и "*В*". Для рассматриваемого фрагмента ТФОП показан участок между двумя АМТС. Кроме двух АМТС показаны также узлы автоматической коммутации (УАК), выполняющие функции транзитных станций. Обязательные направления связи выделены сплошными линиями. Пунктирные и штрихпунктирные линии соответствуют тем направлениям связи, которые создаются при соответствующем технико-экономическом обосновании.

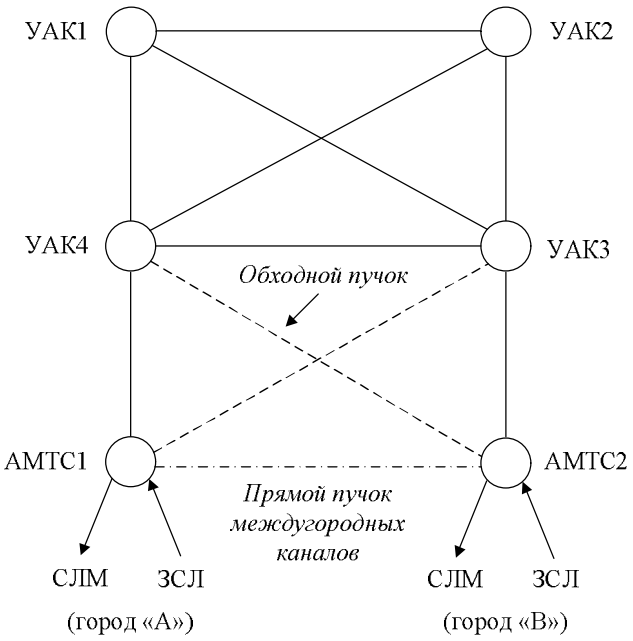


Рис. 3.34. Структура эксплуатируемой междугородной телефонной связи

Все УАК соединяются между собой по принципу "каждый с каждым". Любая АМТС должна быть связана, как минимум, с двумя УАК.

При значительном трафике между АМТС может организовываться прямой пучок междугородных каналов. Обычно емкость таких пучков рассчитывается при высокой вероятности потерь. Тогда прямые пучки используются весьма продуктивно, а избыточная нагрузка обслуживается за счет обходных путей. Среди возможных маршрутов выделяют путь последнего выбора (ППВ). Он выбирается в том слу-

чае, когда соединение не может быть установлено по иному, более "короткому", пути. Обычно ППВ проходит через два УАК.

Модель, показанная на рис. 3.34, позволяет выделить возможные варианты установления соединения между абонентами, включенными в ГТС городов "А" и "В". Между двумя АМТС могут быть установлены такие виды соединений: АМТС1–АМТС2; АМТС1–УАК4–АМТС2;

АМТС1–УАК3– АМТС2; АМТС1 – УАК4 – УАК3 – АМТС2.

Последним маршрутом следует считать ППВ. Это означает, что транзитные соединения через три УАК (например, АМТС1 – УАК4 – УАК1 – УАК3 – АМТС2) не предусматриваются. В настоящее время практически все АМТС и УАК ТФОП построены на базе современного цифрового коммута-ционного оборудования. Цифровизация трактов между коммутационными станциями и узлами междугородной телефонной сети осуществляется медленнее.

Трафик дальней связи постоянно растет, что стимулирует организацию множества прямых пучков междугородных каналов. Иерархические принципы, использованные при формировании структуры междугородной сети, могут оказаться малоэффективными.

Фрагмент такой сети, состоящей из пяти оконечно-транзитных и одной оконечной АМТС, показан на рис. 3.35.

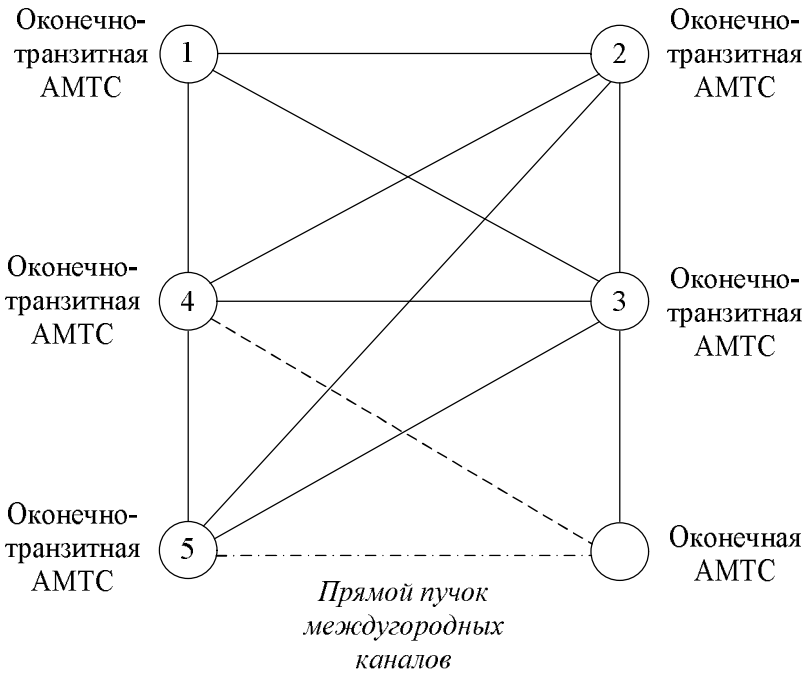


Рис. 3.35. Структура перспективной междугородной телефонной связи

Целесообразность создания прямого пучка каналов между каждой парой АМТС определяется в результате анализа количества телефонных разговоров и их длительности в течение определенного времени.

Как правило, чем больше удалены друг от друга, тем меньше целесообразность организации прямого пучка каналов между соответствующими АМТС.

Общие принципы организации международной телефонной связи показаны на рис. 3.36. Рассматриваемая модель содержит три МЦК. Эти центры размещаются в трех разных странах. Связь между МЦК, расположенными в странах «А» и «В», может осуществляться по прямому пучку международных каналов или через транзитный центр, который находится в стране "*С*".

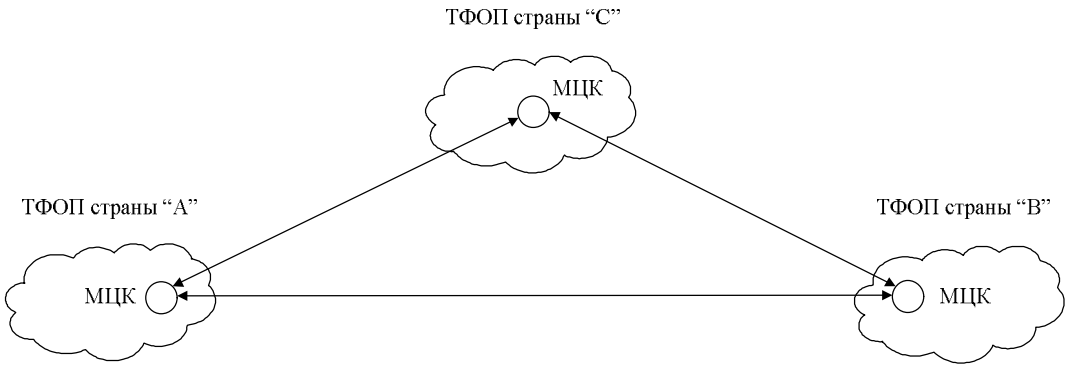


Рис. 3.36. Связь международных центров коммутации

Рекомендация МСЭ Е.171 ограничивает количество транзитных международных каналов между МЦК двух стран. Их должно быть не более четырех.

ГЛАВА 4. ПРИНЦИПЫ СИГНАЛИЗАЦИИ, СИНХРОНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ В ЦИФРОВЫХ СЕТЯХ СВЯЗИ

4.1. Классификация видов сигнализации

Под *сигнализацией в сетях связи* понимается совокупность сигналов, передаваемых между элементами сети, и способов их передачи для обеспечения установления и разъединения соединения при обслуживании вызовов, а также для передачи служебной информации.

Звеном сети электросвязи называется участок тракта передачи информации, ограниченный двумя смежными узлами коммутации или узлом коммутации и абонентским терминалом.

В зависимости от звена сети различают следующие *виды сигнализации* (рис. 4.1):

- абонентская – на участке между абонентским терминалом и коммутационной станцией;
- внутристанционная – между различными функциональными узлами и блоками внутри коммутационной станции;
- межстанционная – между различными коммутационными станциями в сети.

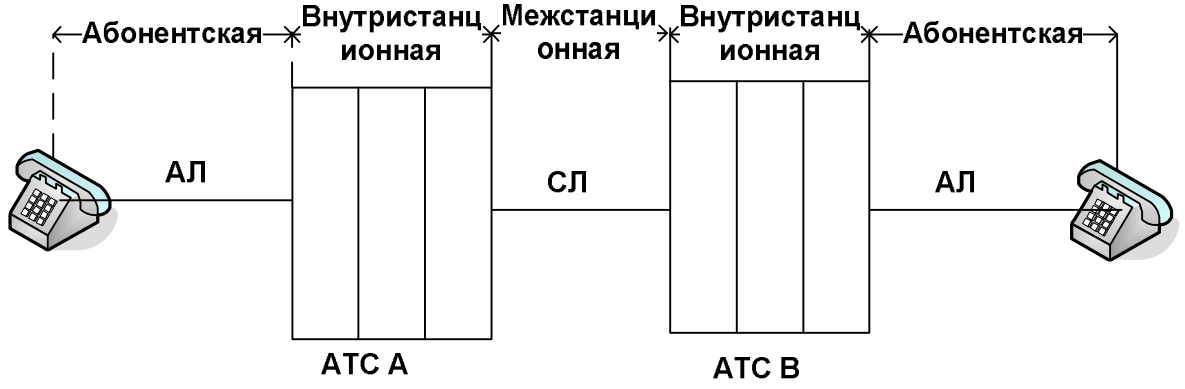


Рис. 4.1. Виды сигнализации в телефонных сетях связи

Сигналы, передаваемые по телефонным каналам и линиям, разделяются на три группы: линейные сигналы, сигналы управления и информационные акустические сигналы.

В состав *абонентской сигнализации* включены все сигналы, передаваемые между абонентским терминалом и АТС (информационные акустические сигналы и информация о номере абонента).

К ним относятся сигналы вызова станции, ответа станции, набора номера, посылки и контроля посылки вызова, занятости абонента и др. Эти сигналы называются *абонентскими сигналами.*

Они предоставляют адресную информацию, а также являются акустическим сопровождением линейных сигналов для информирования абонентов о состоянии обслуживания вызова. *Внутристанционная сигнализация* зависит от архитектуры и принципов построения системы коммутации, используемой элементной базы и является специфической для каждого вида системы.

В состав *межстанционной сигнализации* включены все сигналы, передаваемые между коммутационными узлами. К таким сигналам относятся линейные сигналы и сигналы маршрутизации (их также называют сигналами управления или регистровыми сигналами).

Линейные сигналы используются между станциями для взаимного информирования о состоянии линии в процессе обслуживания вызова. К ним относятся сигналы занятия, подтверждения занятия, ответ вызываемого абонента, а также сигналы отбоя вызываемого и вызывающего абонента. Эти сигналы отмечают основные этапы установления соединения (исходное состояние, занятие, ответ, разъединение и др.). Совокупность линейных сигналов и способов их передачи образует *линейную сигнализацию.* В зависимости от системы коммутации и способов передачи линейных сигналов существуют различные системы линейной сигнализации.

Сигналы маршрутизации (регистровые сигналы) предоставляют адресную информацию для маршрутизации вызовов к месту назначения. К ним относятся информация о номере вызываемого абонента, информация о категории и номере вызывающего абонента. Для координатной АТС эти сигналы называют регистровыми, т. к. они выдаются из регистра. Совокупность сигналов маршрутизации и способов их передачи образует *регистровую сигнализацию.*

Сигнальная информация (линейные и регистровые сигналы) между станциями может передаваться тремя основными способами.

1. *Передача сигналов непосредственно по телефонному каналу,* где сигналы передаются постоянным током (ОС signaling) или токами тональной частоты (в пределах диапазона 300–3400 кГц). Системы сигнализации, использующие данный способ передачи сигналов, получили название *внутриполосные системы сигнализации.*

Данные системы сигнализации ассоциируются с аналоговыми декадно-шаговыми станциями, реализующими принцип непосредственного управления. На рис. 4.2 приведена иллюстрация способов сигнализации непосредственно по телефонному каналу.

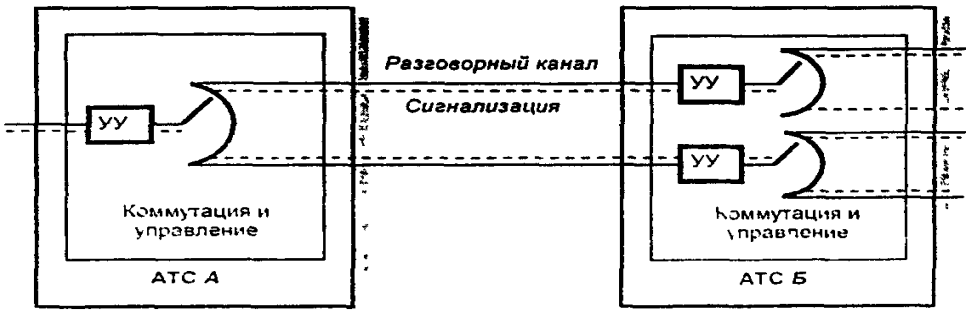


Рис. 4.2. Схема сигнализации непосредственно по телефонному каналу

Для этого способа сигнализации характерно, что в процессе обслуживания вызова сигнальная (сплошные линии) и полезная (пунктирные линии) информации проходят один и тот же путь как внутри станции, так и вне ее по межстанционным соединительным линиям.

2. *Передача сигналов по выделенному сигнальному каналу,* в качестве которого используется 16-й временной интервал в ИКМ тракте либо выделенный частотный канал вне разговорного спектра канала тональной частоты (ТЧ), например 3825 Гц. Системы сигнализации, использующие данный способ передачи сигналов, получили название *системы сигнализации по выделенному сигнальному каналу* (ВСК).

Способ сигнализации по ВСК представлен на рис. 4.3.

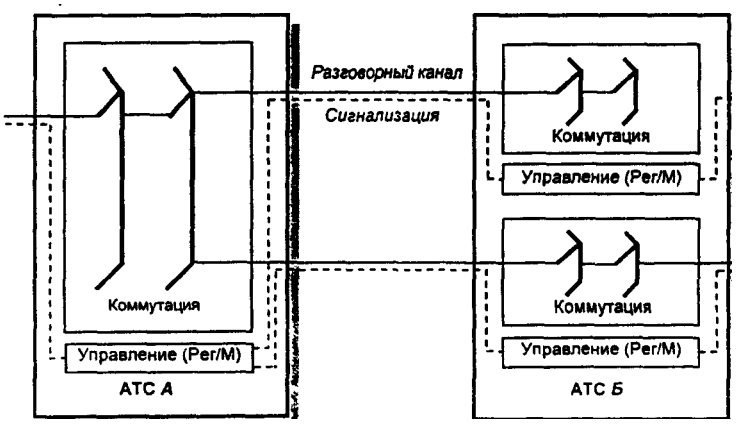


Рис. 4.3. Схема сигнализации по выделенному сигнальному каналу

Для этого способа сигнализации характерно то, что в процессе обслуживания вызова сигнальная и полезная информации вне станции проходят один и тот же путь, но внутри станции цепи прохождения этих сигналов разделены. Разговорная информация проходит через коммутационные блоки, а сигнальная информация – через управляющие устройства.

3. *Передача сигналов по общему каналу сигнализации,* где передача сигнальной информации осуществляется по тракту, который предоставляется для целого пучка телефонных каналов по принципу адресного использования. В данном случае сигналы передаются в соответствии со своими адресами и размещаются в общем, буфере для использования каждым телефонным каналом, как и когда это потребуется. Системы сигнализации, использующие данный способ передачи сигналов, получили название *системы общеканальной сигнализации* (ОКС). В системе ОКС тракты сигнализации и разговорные тракты разделены. Такое разделение происходит как внутри, так и вне станции, тем самым оптимизируются процессы управления, коммутации и сигнализации (рис. 4.4).

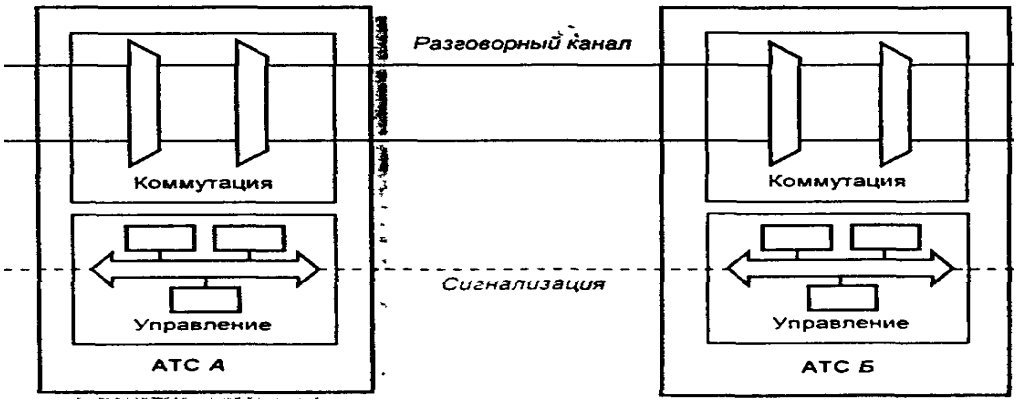


Рис. 4.4. Схема сигнализации по общему каналу (ОКС)

Разговорная информация также проходит через коммутационные блоки, однако, сигнальная информация передается по отдельному тракту как внутри, так и вне станции. Такой подход дает максимальную гибкость в оптимизации станции и развитии сигнализации.

4.2. Абонентская сигнализация

Взаимодействие абонентского терминала со станцией. В понятие абонентской сигнализации включены все сигналы взаимодействия между терминалом и телефонной сетью. К ним относятся сигналы о состоянии абонентского терминала, номерная информация, набираемая абонентом, и сигналы информирования абонентов. Абонентская сигнализация характеризуется полной зависимостью от поведения абонентов.

Передача номера абонента по абонентской линии. В настоящее время на телефонной сети используется два способа набора номера вызываемого абонента: импульсный набор (декадным кодом) и тональный набор (многочастотным кодом).

При *импульсном наборе* импульсы посылаются путем поочередного размыкания и замыкания шлейфа со скоростью 10 импульс/с. Длительность размыкания (безтоковой посылки) равна примерно 60 мс, а длительность замыкания (токовой посылки) – примерно 40 мс. Для того чтобы определить конец одной цифры и начало следующей, межсерийный интервал должен быть не менее 200 мс. Число размыканий или замыканий до межсерийного интервала соответствует цифре посылаемого номера. На рис. 4.5 представлена временная диаграмма посылки цифр 3 и 5 импульсным набором.

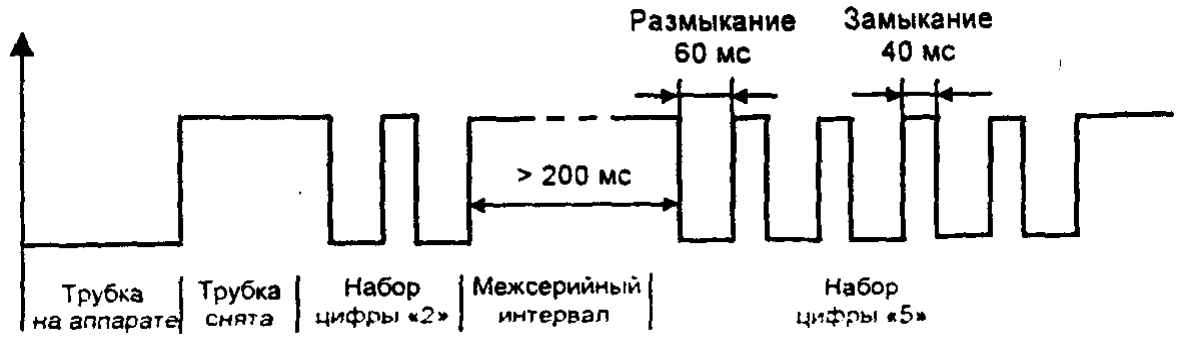


Рис. 4.5. Временная диаграмма посылки цифр 3 и 5 импульсным набором

Для передачи номерной информации от телефонного аппарата *тональным набором* используется многочастотный код «2 из 8». Сигнальные частоты выбираются из двух отдельных групп частот звукового диапазона:

- нижняя группа – *697, 770, 852 и 941 Гц;*
- верхняя группа – *1209, 1336, 1477 и 1633 Гц.*

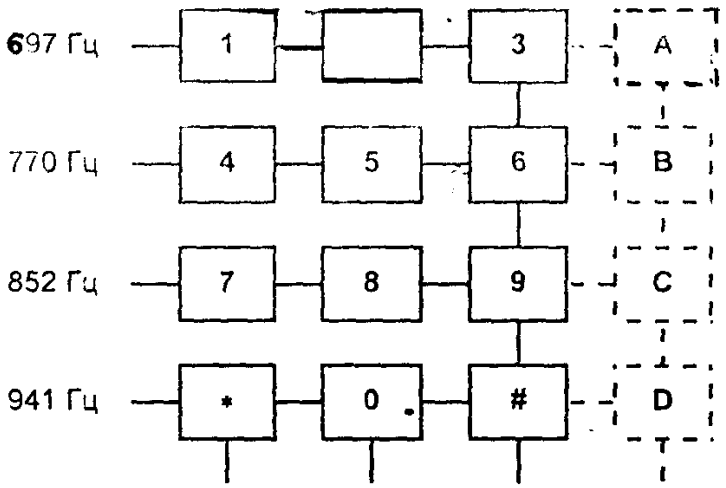


Рис. 4.6. Соответствие частот цифрам тонального набора номера

Каждый сигнал содержит две сигнальные частоты. Одна из частот выбирается из нижней группы, а вторая – из верхней. Частота *1633 Гц* (A, B, C, O) используется для реализации дополнительного набора функций, например в мини-АТС.

4.3 Линейная сигнализация

Передача линейных сигналов может осуществляться следующими основными способами:

- передача сигналов постоянным током;
- одночастотная внеполосная передача сигналов (3825 Гц);
- одночастотная (2,600 Гц) или двухчастотная (1200 и 1600 Гц) внутриполосная передача сигналов;
- передача, сигналов по ИКМ трактам.

Передача линейных сигналов по цифровым каналам систем передачи ИКМ-30 (сигнализация 2ВСК). На цифровых СЛ, использующих системы передачи с ИКМ, применяется передача линейных сигналов по ИКМ трактам. Для передачи цифровых сигналов организуются сверхциклы, циклы и временные интервалы.

Во временных интервалах, соответствующих речевым каналам, передаются восьмибитовые комбинации, кодирующие отчеты аналоговых сигналов. Цикловая структура цифрового потока зависит от применяемых стандартов. Международным союзом электросвязи (МСЭ) определены два стандарта систем передачи ИКМ: европейский ИКМ-30 (рис. 4.7) и американский ИКМ-24.

В цифровой системе ИКМ-30 для передачи сигнальной информации о состоянии 30 речевых каналов организуется сверхцикл, содержащий 16 циклов по 125 мкс каждый (рис. 4.7).

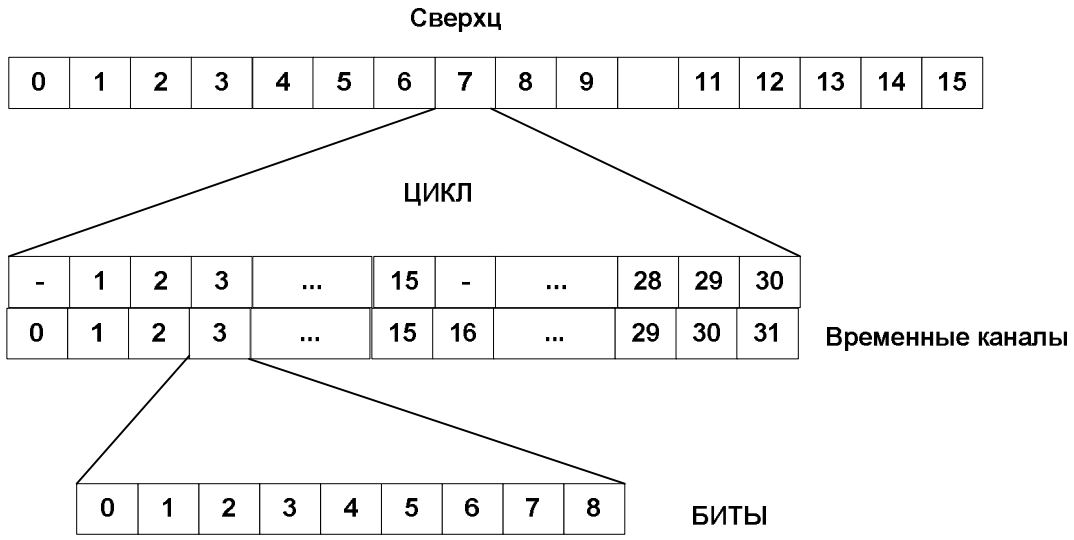


Рис.4.7. Цикловая структура тридцатиканальной системы ИКМ

Нулевой временной интервал (ВИ) четных циклов используется для цикловой синхронизации (бит 1 – канал передачи низкоскоростной цифровой информации телеграфный канал, биты 2...8 – синхрокомбинация – 0011011). Нулевой ВИ нечетных циклов используется для передачи служебной информации (бит 1 – телеграфный канал, бит 3 – информация о потере цикловой синхронизации, бит 6 – сигнал контроля остаточного затухания, биты 2, 4, 5, 7, 8 являются свободными и передают единичные символы). Временные интервалы 1–15 и 17–31 служат для передачи полезной информации.

В 16-м ВИ всех циклов, кроме нулевого, организуется по 2 сигнальных канала. Каждый сигнальный канал имеет 4 бита: a, b, c и d (рис. 4.8).

В 16-м ВИ нулевого цикла передается сверхцикловой синхросигнал (СЦС), от которого ведется отсчет сигнальных каналов. СЦС передается в битах с 1, 2, 3, 4, равных 0000. Бит 6 (У) передает информацию о потере сверхцикловой синхронизации (1 – синхронизация потеряна, 0 – нормальная работа). Биты 5, 7, 8 (Х) зафиксированы и равны соответственно 1, 0,1.



Рис. 4.8. Передача сигнальной информации по 2ВСК в системе ИКМ-30

16-й ВИ первого цикла передает по 4 сигнальных бита для разговорных каналов 1 и 16, 16-й ВИ второго цикла – для каналов 2 и 7 и т. д., поскольку в сверхцикле 16 циклов, то период дискретизации сигнальных каналов равен 16·125 мкс – 2 мс. Сигнальные биты, соответствующие речевым каналам, распределены следующим образом: биты с и d зафиксированы и равны 0 и 1 соответственно. Для кодирования сигналов сигнализации используются биты *a* и *b*. Для защиты от случайных ошибок в приемнике линейных сигналов применяется так называемый временной фильтр. Его суть заключается в том, что изменение значения любого из битов а и *b* должно быть подтверждено в течение нескольких сверхциклов. Неподтвержденное изменение значения бита игнорируется.

В настоящее время на телефонных сетях еще используется цифровая *аппаратура уплотнения каналов ИКМ-15,* которая имеет следующие параметры:

- число временных интервалов в цикле – 16;
- в т. ч. речевых – 15;
- сигнализации – 1;

- длительность цикла, мкс – 125;
- число разрядов во временном интервале – 8;
- скорость передачи цифрового потока, Кбит/с – 1024.

Сверхцикл состоит из 16 циклов (с 0 по 15). Каждый цикл содержит 16 ВИ (ВИ О...ВИ 15). Во временных интервалах с 1 по 15 передаются восьмиразрядные кодовые комбинации 15 разговорных каналов (рис. 4.10).

Нулевой интервал используется для передачи сигналов сигнализации, цикловой и сверхцикловой синхронизации, а также для передачи дополнительных сигналов управления и взаимодействия. Цикловая структура представлена на рис. 4.9.

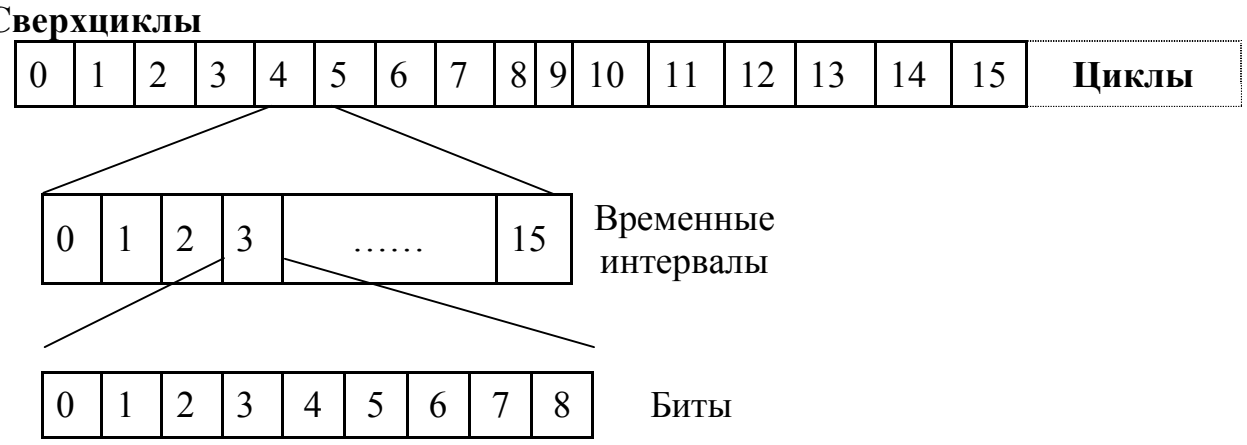


Рис. 4.9. Цикловая структура пятнадцати канальной системы ИКМ

Пятый разряд нулевого ВИ всех циклов используется для передачи низкоскоростной цифровой информации – телеграфный канал (ТЛГ).

Разряды 6, 7 и 8 нулевого ВИ всех циклов используются для передачи циклового синхросигнала (комбинация 110).

В нулевом ВИ нулевого цикла передается следующая информация (рис. 4.10):

- бит 1 – «1» сигнал сверхцикловой синхронизации (СЦС);
- бит 2 – авария на дальнем конце (АД);
- бит 3 – превышение коэффициента ошибок 10^{-5};
- бит 4 – авария сверхцикловой синхронизации (АСЦ).

В нулевом ВИ с 1 по 15 циклов передается следующая информация:

- бит 1 – «0» сигнал сверхцикловой синхронизации (СЦС);
- биты 2 и 3 – сигнализация – биты *а* и *б* – (СИГН);
- бит 4 – резерв (бит *с*).
-



Рис. 4.10. Передача сигнальной информации по 1ВСК в системе ИКМ-15

Таким образом, в одном цикле размещается о 128 передаваемой информации, что соответствует скорости передачи 1024 кбит/с, для обеспечения работы с существующими типами декадно-шаговых и координатных АТС. В настоящее время выпускается комбинированная аппаратура цифрового уплотнения каналов ИКМ-15/30.

4.4. Регистровая сигнализация.

Методы передачи регистровых сигналов. Существует два метода передачи регистровых сигналов: эстафетная передача (сигнализация «от звена к звену») и сквозная передача (сигнализация «из конца в конец»). Если на различных участках соединения используются разные системы сигнализации, то возможно применение смешанного метода передачи регистровых сигналов (на одних участках эстафетная, на других сквозная передача).

При *эстафетной сигнализации* на каждой станции обрабатывается и передается вся адресная информация, необходимая для установления соединения. На рис. 4.11 изображен принцип эстафетной пере-

дачи сигналов маршрутизации. Пример использования – протокол сигнализации К 1.

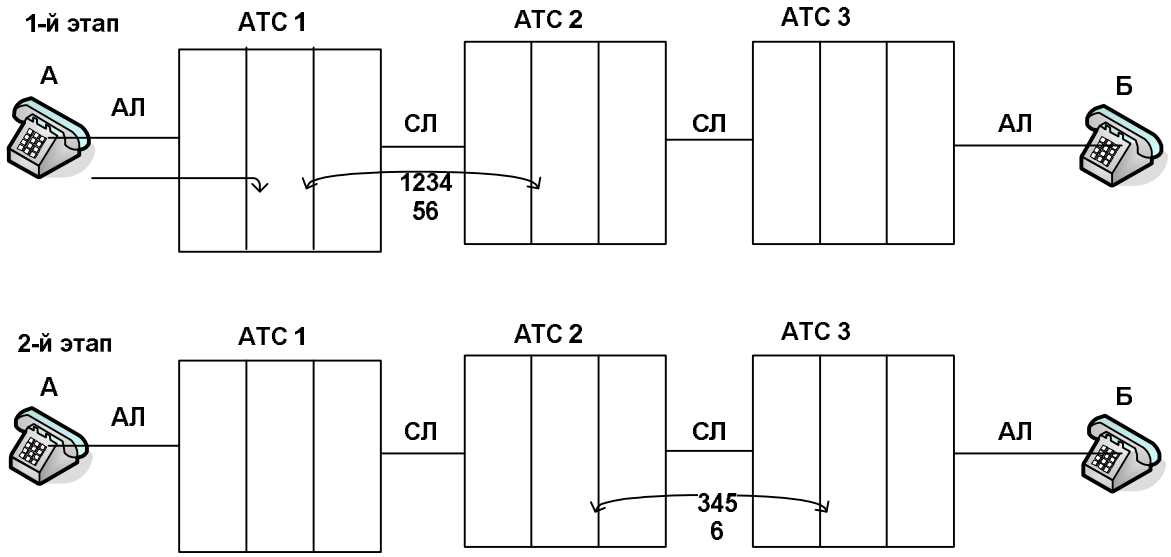


Рис. 4.11. Эстафетная передача сигналов маршрутизации

При *сквозной сигнализации* управляющие устройства станции вызывающего абонента задействуются на все время установления соединения. На рис. 4.12 изображен принцип сквозной передачи сигналов маршрутизации. Пример использования: протокол сигнализации R2.

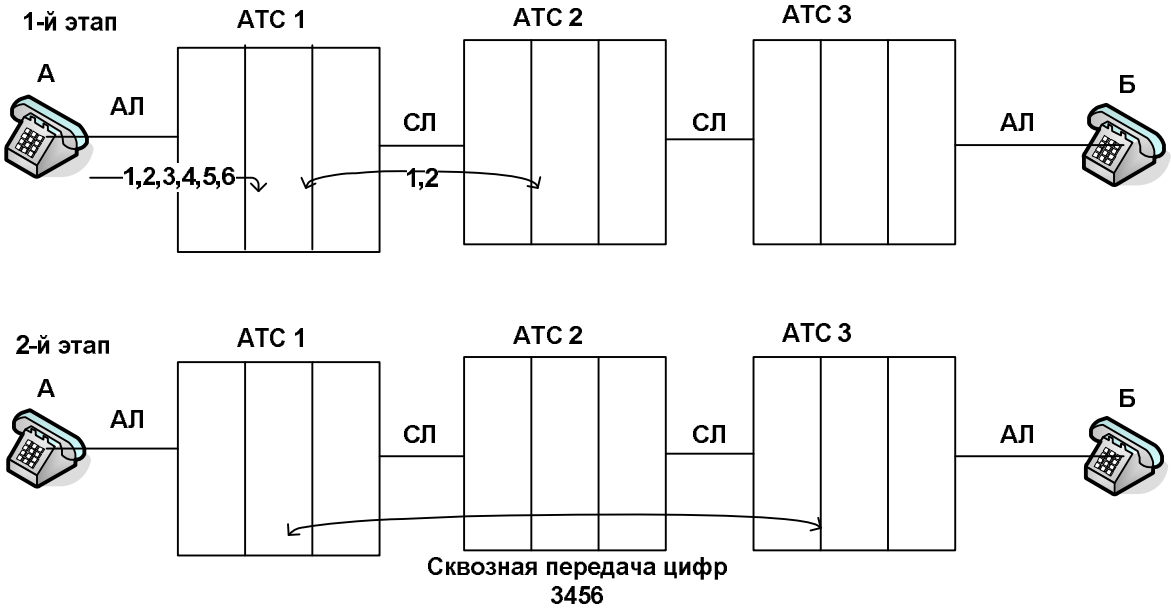


Рис. 4.12. Сквозная передача сигналов маршрутизации

Кодирование регистровых сигналов. В нашей стране существует две системы кодирования сигналов маршрутизации: декадным кодом и многочастотным кодом «2 из 6». Для передачи информации имеется только 10 физических сигналов (1, 2, ..., 0). Для передаваемых знаков между ними необходимо выдерживать межсерийный интервал, обычно не менее 500 мс.

Протоколы обмена многочастотными сигналами между АТС.

В зависимости от типа телефонной сети или ее участка используются три протокола обмена многочастотными сигналами: «импульсный челнок», «импульсный пакет» и «безынтервальный пакет». Обмен сигналами начинается с передачи сигнала запроса на предыдущую станцию. При использовании протокола *«импульсный челнок»* каждый следующий сигнал передается только после получения подтверждения предыдущего от приемной стороны (рис.4.13).

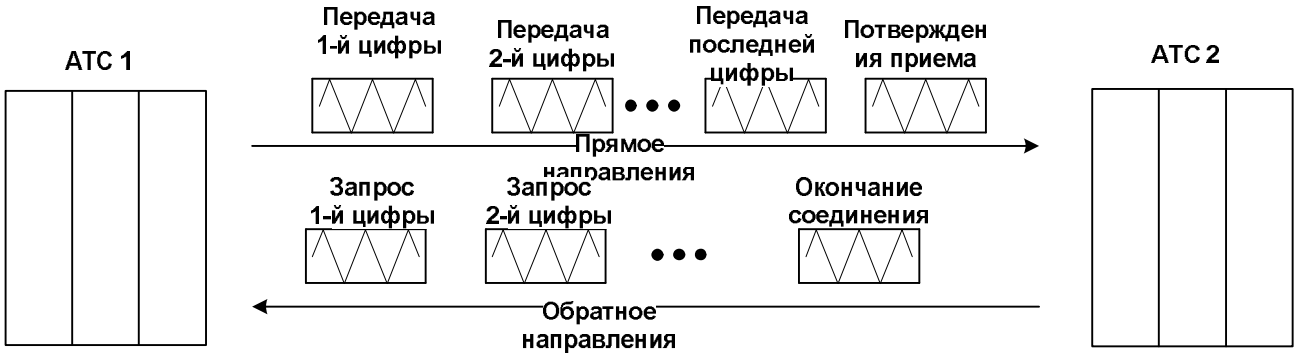


Рис. 4.13. Обмен многочастотными сигналами по протоколу «импульсный челнок»

Протокол передачи *«импульсный челнок» применяется на местных телефонных сетях связи.* При использовании протокола *«импульсный пакет»* предусматривается передача по единой команде в определенной последовательности заранее сформированных двухчастотных кодовых комбинаций, одна за другой, с соблюдением фиксированных временных интервалов между ними (рис. 4.14). Длительность передачи каждой комбинации 40–60 мс. Время распознавания 20–30 мс.

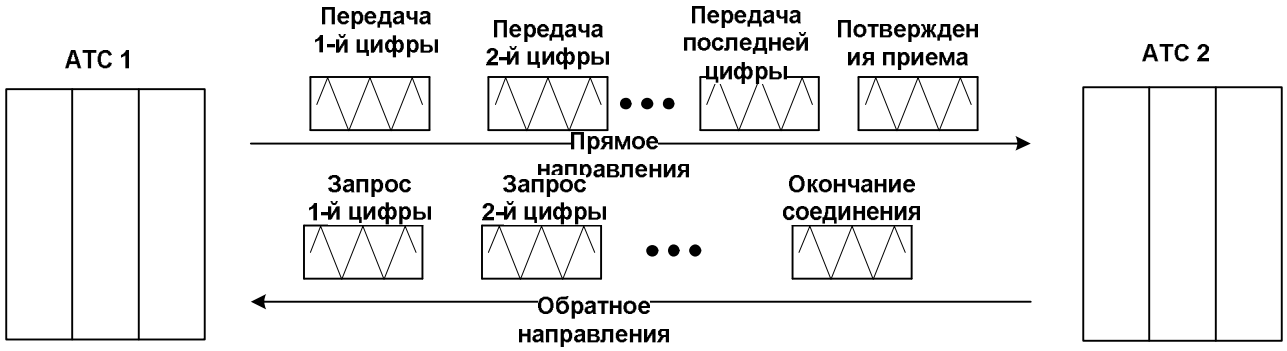


Рис. 4.14. Обмен многочастотными сигналами по протоколу «импульсный пакет»

Самым быстродействующим является способ передачи «*безынтервальный пакет»*. Этот способ используется для передачи на внутризоновой сети номера и категории вызывающего абонента от аппаратуры АОН. «Безынтервальный пакет» отличается от «импульсного пакета» тем, что между передаваемыми сигналами отсутствуют интервалы (рис. 4.15).

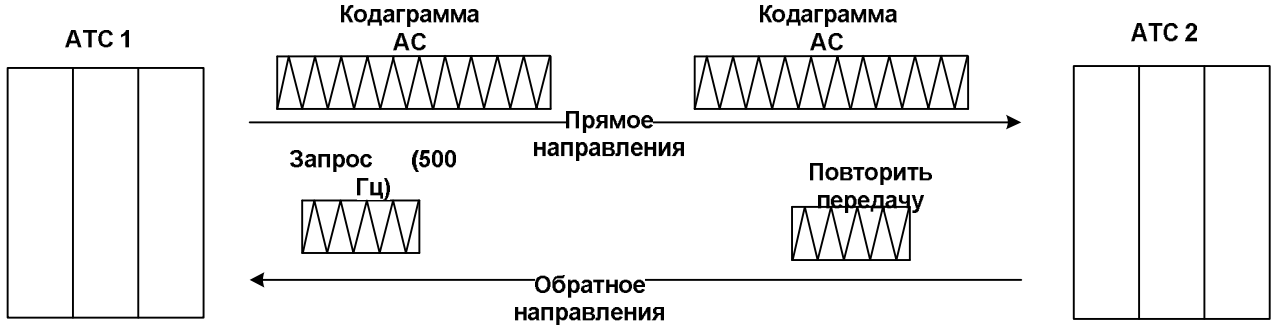


Рис. 4.15. Обмен многочастотными сигналами по протоколу «безынтервальный пакет»

4.5. Общеканальная система сигнализации ОКС № 7

Рассмотренные в предыдущих разделах системы сигнализации относятся к системам *сигнализации по связанному каналу* (Channel Associated Siqnallinq System – CAS). В них имеется однозначное соответствие друг другу каналов передачи сигнальной и пользовательской информации. Например, при передаче линейных сигналов по цифровым каналам (цифровая сигнализация 2ВСК) в 16-м временном интервале одного из циклов сверхцикла передается сигнальная информация для двух определенных речевых каналов.

В общеканальной системе сигнализации (ОКС) отсутствует строгое соответствие между сигнальными и разговорными каналами. При этом маршрут передачи сигнальной информации в сети может отличаться от маршрута передачи пользовательской информации.

В ОКС информации передается между станциями посредством специально организованной *сети сигнализации* (рис. 4.16), которая фактически является сетью передачи данных и предназначена для связи между собой центральных процессоров коммутационных станций. Можно считать, что в такой сети процессоры коммутационных станций узловыми пунктами передачи сигнальной информации, а сами АТС – «абоненты» сигнальной сети. В отличие от сигнализации CAS в ОКС отсутствует разделение сигналов на линейные и регистровые.

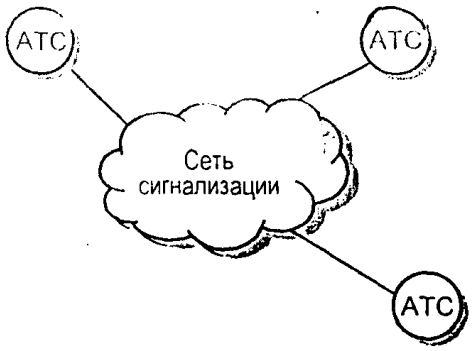


Рис. 4.16. Сеть сигнализации

Одним из основных преимуществ ОКС является большая емкость одного сигнального канала. Например, для установления телефонного соединения на передачу сигнальной, информации в ОКС затрачивается значительно меньше времени в отличие от CAS. Это означает, что одного сигнального канала (64 кбит/с) достаточно для обслуживания до нескольких тысяч разговорных каналов.

Вся сигнальная нагрузка на АТС обслуживается управляющим устройством ОКС, и отсутствует необходимость в организации специальных устройств приема и передачи линейных и регистровых сигналов для каждого канала сигнализации.

Сигнальная информация в ОКС кодируется последовательностью байтов, которая передается между узлами сети и обрабатывается в них, а алфавит передаваемых сигналов неограничен. Таким образом, основными преимуществами ОКС являются:

- экономичность;
- скорость передачи;
- надежность;
- большая емкость канала;
- гибкость.

Международный консультативный комитет по телефонии и телеграфии (МККТТ) рекомендовал две системы ОКС. Первая – МККТТ № 6 (ОКС № 6) – была принята для сигнализации на международной сети. Вторая система ОКС № 7 принята в 1980 г. как сигнализация для цифровых сетей связи со скоростью передачи канала 64 кбит/с и получила широкое распространение. Остановимся подробнее на ОКС № 7.

ОКС № 7 определяет сигнализацию между коммутационными станциями в цифровой национальной сети и (включая УПАТС), а также в центрах эксплуатации и обслуживания. На ОКС № 7 базируется построение цифровой сети с интеграцией служб. Следует отметить, что обмен сигнальной информацией между удаленными абонентскими блоками (концентраторами) и цифровой АТС относится к внутристанционной сигнализации и также базируется на ОКС, но не соответствует точно ОКС № 7, предназначенной для межстанционной сигнализации.

Базовая структура ОКС № 7. В ОКС № 7 также имеется несколько групп «пользователей», которые можно объединить общим названием *подсистемы пользователя* (User Parts – UP). Для телефонии имеется подсистема *телефонного пользователя* (Telephone User part – TUP). Существуют и другие подсистемы, например *подсистема пользователя ЦСИС* (ISUP) и др.

Все эти подсистемы используют одну и ту же «транспортную сеть» связи (рис. 4.17), которая называется *подсистема передачи сообщений* (Messaqe transfer part — MTP).

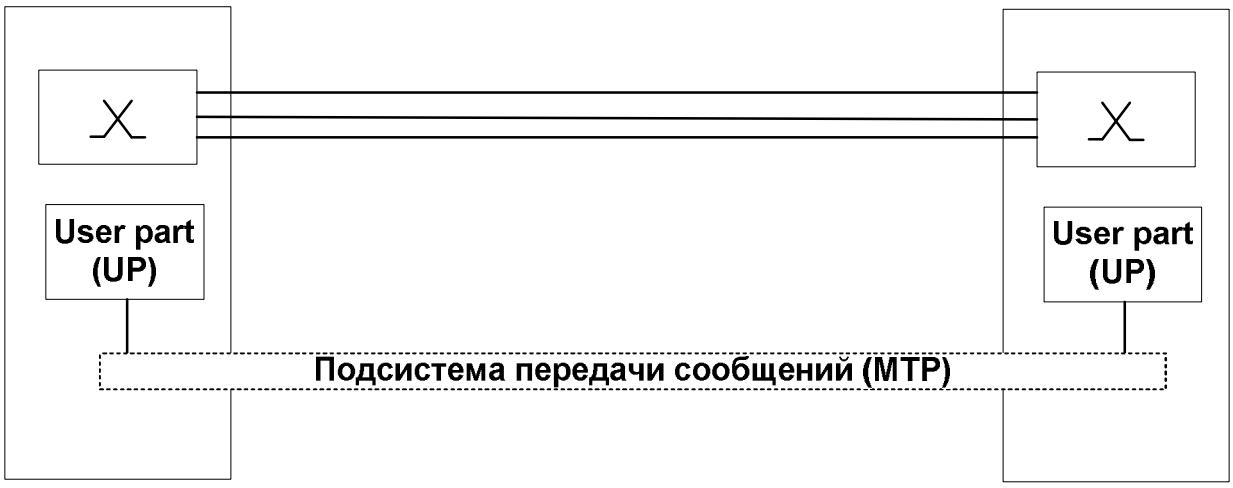


Рис. 4.17. Базовая структура ОКС № 7

Для описания функциональной архитектуры средств связи используется эталонная модель взаимодействия открытых систем (ВОС). которая имеет семь уровней .

В системе сигнализации ОКС № 7 уровни 1–3 (МТР) примерно соответствуют уровням 1–3 модели ВОС, а уровень 4 (UP)-оставшимся уровням 4–7 (рис. 4.17).

Уровень 1. Определяет физические, электрические и функциональные характеристики информационной среды передачи. Элементом уровня 1 является канал связи для звена сигнализации.

Уровень 2. Определяет функции и процедуры, относящиеся к передаче сигнальных сообщений по отдельному звену сигнализации. Функциями звена сигнализации являются деление сигнальных сообщений на сигнальные единицы, обнаружение и исправление ошибок в сигнальных единицах, обнаружение отказа и восстановление звена сигнализации.

Уровень 3. Определяет функции обработки сигнальных сообщений и управления сетью сигнализации.

Уровень 4. Определяет функции и процедуры сигнализации характерные для определенного типа пользователя системы.

Сигнальные единицы

Передача информации в ОКС № 7 рассматривается как передача сигнальных сообщений (сигнальных единиц) от процессора одной коммутационной станции к процессору другой станции. Любая информация в ОКС № 7 передается через звено сигнализации с помощью пакетов данных, называемых сигнальными единицами (Siqnal Unit – SU). Сигнальная единица состоит из поля сигнальной информации переменной длины, в котором передается информация, выработанная подсистемой пользователя, и нескольких полей фиксированной длины, в которых передается информация, служащая для управления передачей сообщений.

Различают три типа сигнальных единиц:

1) значащая *сигнальная единица* (Messaqe Siqnal Unit–MSU), которая используется для передачи сигнальной информации, формируемой подсистемами пользователей (UP) и управления соединением сигнализации (SCCP);

2) сигнальная единица состояния звена (Link Status Siqnal Unit– LSSU), которая используется для контроля состояния звена сигнализации и формируется на третьем уровне MTP;

3) *заполняющая сигнальная единица* (Fill In Siqnal Unit), которая используется для обеспечения фазирования звена при отсутствии сигнального графика.

Непосредственное формирование сигнальных единиц выполняется на втором уровне подсистемы передачи сообщений MTP. Наиболее сложной по структуре является значащая сигнальная единица MSU, упрощенное представление которой приведено на рис. 4.18.

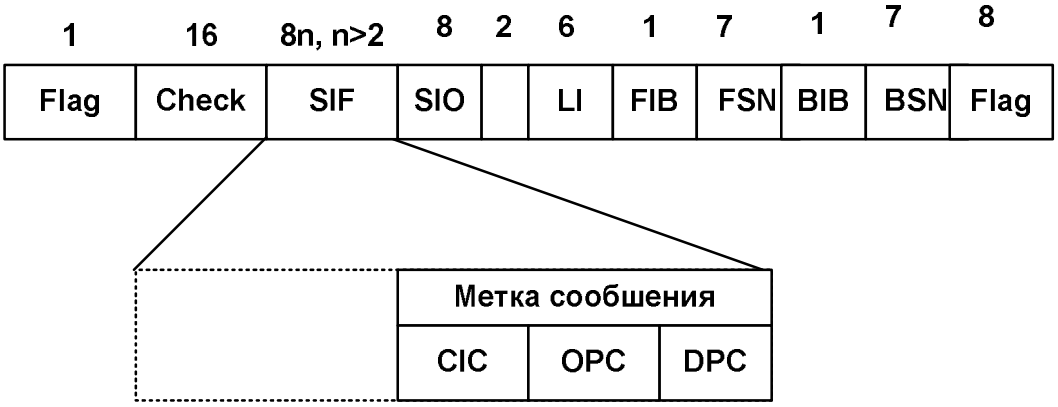


Рис. 4.18. Формат значащей сигнальной единицы MSU

FLAG. Отмечает начало сигнальной единицы. Открывающий флаг данной сигнальной единицы обычно является закрывающим флагом предшествующей сигнальной единицы. Закрывающий флаг отмечает конец сигнальной единицы. Последовательность бит – 01111110.

BSN, FSN. Порядковая нумерация сигнальных единиц включает *прямой порядковый номер 7* бит (Forward Stquence Number – FSN) и *обратный порядковый номер 7* бит (Baskward Sequence Number – BSN). Поля BSN и FSN представляют собой двоичные числа в циклически повторяющейся последовательности от 0 до 127.

BIB, FIB. Биты-индикаторы включают прямой бит-индикатор 1 бит (Forward Indicator Bit FIB) и обратный бит-индикатор 1 бит (Baskward Indicator Bit BIB). FIB и BIB совместно с FSN и BSN используются при основном методе защиты от ошибок для обеспечения правильной последовательности сигнальных единиц и для осуществления функций подтверждения.

LI (Lenqth Indicator). Индикатор длины (6 бит) выполняет две функции: указывает длину сообщения (число байтов, следующих за байтом индикатора длины и предшествующих проверочным битам) и тип сообщения (для FISU – 0; для LSSU – 1 или 2; для MSU – >2).

SIO (Siqnallinq information Octet). Байт служебной информации (8 бит) имеет две функции: служит для установления соответствия сигнальной информации конкретной подсистеме пользователя и отличает международные сообщения от национальных.

SIF (Siqnallinq information Field). Поле сигнальной информации предназначено для передачи полезной (сигнальной) информации по звену сигнализации и может включать от 3 до 63 байт.

CHECK. Проверочные биты (16 бит) удостоверяют правильность приема сигнальной единицы с помощью процедуры обнаружения ошибок путем линейных операций над предыдущими битами сигнальной единицы.

Наиболее важной частью сигнальной единицы является поле сигнальной информации (Siqnallinq information Field – SIF), в котором содержится сигнальное сообщение.

Поле сигнальной информации SIF. Кроме самого сообщения, поле **SIF** содержит (Messaqe label) метку сообщения, состоящую из трех частей (ее структура определяется используемой подсистемой):

1) **DPC** (Destination Point Code) – код пункта назначения;

2) **OPC** (Oriqinatinq Point Code) – код исходящего пункта;

3) **CIC** (Circuit ldentification Code) – код идентификации канала между узлами коммутации.

В поле CIC также содержится указание выбора сигнального звена SLS, если между узлами имеется несколько сигнальных каналов, работающих в режиме разделения нагрузки.

В сигнальных единицах состояния звена LSSU поле сигнальной информации SIO и байт служебной информации SIF заменяются полем состояния (Status Field – SF), которое формируется оконечным устройством звена сигнализации и содержит 8 или 16 байтов. Данное поле используется для контроля ошибок звена сигнализации.

В заполняющих сигнальных единицах FISU поля SIO и SIF вообще отсутствуют.

При установлении соединения используются следующие сигналы:

IAM – Initiai Address Messaqe (начальное адресное сообщение). Первое сообщение обычно содержит всю информацию, требуемую для установления соединения с АТС вызываемого абонента В;

SAM – Subsequent Address Messaqe (последующее адресное сообщение). Оставшиеся цифры номера абонента В посылаются в одном или более сообщениях SAM.

ACM – Address Complete Messaqe (полное *адресное* сообщение). Это сообщение предназначено для подтверждения того, что все цифры, требуемые для маршрутизации к абоненту В, приняты, а также для передачи информации о состоянии линии абонента В.

ANC – Answer siqnal, Charqe (сигнал ответа и *тарификации)*. После снятия абонентом В трубки посыпается сигнал АМС для последующей тарификации соединения.

Сеть сигнализации. При сигнализации CAS может, например, использоваться 16-временной интервал цикла в цифровой системе передачи. В этом случае сигнальная информация проходит по тому же самому пути (тому же кабелю), что и речевая информация.

При использовании ОКС для обмена сигнальными сообщениями между коммутационными станциями организуется отдельная сеть передачи сигнальных сообщений. Поэтому понятие *сеть сигнализации* применимо исключительно для ОКС.

Сеть сигнализации состоит из звеньев и узлов. Узлы в сети сигнализации" принято называть *сигнальными пунктами* (Siqnallinq Points – SP). Нагрузка в сети создается потоком сигнальных сообщений, которое передается между сигнальными пунктами ЗР.

Если один SP может связываться с другим, то считается, что они имеют *«сигнальное соотношение».* Маршрут, через который устанавливается сигнальное соотношение, может быть двух типов: *связный* (Associated), т. е. посредством прямого соединения сигнальных пунктов SP, и *квазисвязный* (Quasi-associsted), где сигнальная информация передается через промежуточный сигнальный пункт STP (рис. 4.19).

Сеть сигнализации ОКС № 7 фактически представляет вложенную пакетную сеть передачи данных. Все узлы, которые организованы на базе цифровых АТС, имеют сигнальные соотношения.

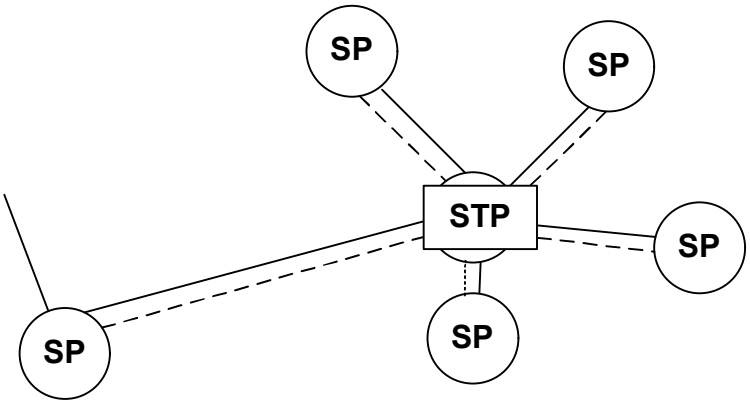


Рис. 4.19. STP в сети сигнализации

При этом один из узлов в сети сигнализации работает как транзитный узел, который называется *сигнальным транзитным пунктом* (Siqnallinq Transfer Point–STP). В его задачу входит обработка адреса сигнального сообщения и его дальнейшая маршрутизация к другому SP (STP). Следует отметить, для одной сигнальной единицы узла может являться SP, а для другой – STP.

В пунктах сигнализации (SP или STP) выбирается пучок звеньев сигнализации, ведущий к получателю сигнального сообщения, затем выбирается свободное из этого пучка звено для передачи. Выбор звена обеспечивается в соответствии с оптимальным распределением сигнального графика.

Ввиду высокой пропускной способности звена сигнализации в большинстве случаев для одного пункта сигнализации достаточно одного звена на каждом направлении связи. Однако с целью большей надежности целесообразна организация, по крайней мере, двух отдельных звеньев между различными SP (STP)

При полно связной схеме все STP являются равноправными и соединяются друг с другом непосредственно, имея при этом обходные направления связи. Другим вариантом является радиальная схема построения (звезда) с одним STP для сигнального трафика между подключенными к нему SP.

Национальную сеть сигнализации можно разделить на сигнальные зоны, каждая из которых обслуживается двумя STP.

Сигнализация между станциями соседних сигнальных зон осуществляется посредством магистральной сети сигнализации. Таким образом, сеть сигнализации состоит из трех иерархических уровней:

1) национальный (National STP);
2) региональный (Reqional STP);
3) оконечный (Siqnallinq end point SP).

Предполагается, что в полностью цифровой сети будет использоваться ОКС № 7 на всех участках. Однако процесс цифровизации может длиться десятилетиями и на определенных этапах образуется телекоммуникационная сеть с различными системами сигнализации. В сети ОКС № 7 коммутационная станция является «абонентом». Однако эта станция может связываться не только с цифровыми, но и с аналоговыми АТС и на участках их взаимодействия часто используются различные системы сигнализации (рис. 4.20).

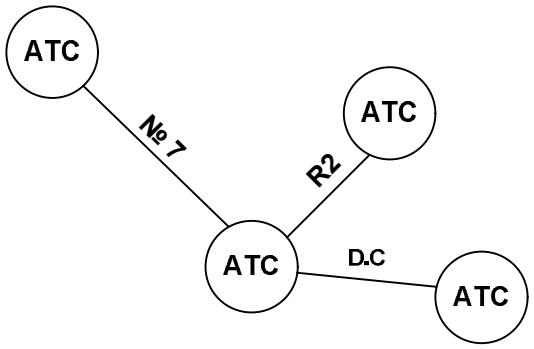


Рис. 4.20. Комбинация систем сигнализации

4.6. Синхронизация и управление в сетях связи

При подключении цифровой линии передачи к цифровому коммутатору желательна синхронизация двух систем так, чтобы линия передачи получала сигналы тактирования от коммутатора. Очевидное исключение из этого режима возникает, когда цифровая линия передачи подключается к цифровым коммутаторам с обоих концов. Как правило, линия передачи во всех цифровых сетях тактируется только от одного из коммутаторов, с которым она соединена. Если другой коммутатор не синхронизирован с первым каким-либо образом, это неизбежно приведет к не синхронизированному стыку. В этом разделе рассмотрена синхронизация сети в целом, а не просто синхронизация отдельного стыка. В основном сетевая синхронизация включает синхронизацию коммутаторов сети. Линия передачи может быть син-

хронизирована автоматически в случае тактирования непосредственно от узла коммутации.

Существуют *две причины* для того, чтобы обратить внимание на требования к синхронизации цифровых сетей. *Первая причина* – сеть должна предотвращать неуправляемые проскальзывания, которые могут возникнуть от потери кадровой синхронизации, случайные разъединения и ошибочные соединения. *Вторая причина* разработки плана сетевой синхронизации – регламентирование максимальной интенсивности управляемых проскальзываний как части характеристики качества сквозного канала.

Известны шесть основных принципов синхронизации цифровых сетей, которые используются или исследуются:

1) плезиохронный режим;
2) согласование скоростей по всей сети;
3) взаимная синхронизация;
4) сетевой ведущий генератор;
5) принудительная синхронизация (ведущий-ведомый);
6) пакетизация.

1. Плезиохронный режим. Плезиохронная сеть не синхронизирует коммутаторы, а просто использует высокоточные генераторы тактовых импульсов во всех коммутационных узлах так, что интенсивность проскальзываний между узлами приемлемо низка. Этот режим работы наиболее прост для реализации, поскольку позволяет избежать распределения тактовых импульсов по всей сети. Большие сети могут быть разделены на подсети с целью тактовой синхрониизации и использования для межсетевой синхронизации плезиохронного режима или каких-либо других эффективных по стоимости методов синхронизации между подсетями.

Плезиохронная синхронизация также используется для взаимного соединения международных цифровых сетей. Рекомендация G.811 [23] МСЭ устанавливает нормы стабильности для генераторов тактовых импульсов всех цифровых коммутаторов международных шлюзов. Норма на стабильность, равная

10^{-11}, предполагает, что проскальзывание будет встречаться один раз в 70 дней (при этом предполагается, что частота одного генератора может отклоняться на $+10^{-11}$, а другого – на 10^{-11}).

2. Согласование скоростей на всей сети. Если бы все внутренние линии и коммутаторы сети были бы спроектированы для работы с номинальными скоростями, несколько большими номинальных скоростей процесса кодирования речи, все речевые сигналы могли бы распространяться по сети без проскальзываний при условии согласования скорости передачи информации и пропускной способности местного канала. Ни один из тактовых генераторов не нужно было бы синхронизировать с другим, и можно было бы допустить применение генераторов с относительно невысокой точностью. Однако в каждом стыке между системами, работающими с различными генераторами, отдельные каналы нужно было освобождать от битов заполнения для входящих каналов и согласовывать скорости с местными или исходящими каналами. По существу линии с ИКМ в сети могли бы обеспечить каналы с ИКМ, через которые потоки данных пользователя проходили бы на низких или переменных скоростях, а разность скоростей поглощалась за счет внутренних битов заполнения.

В отличие от процедуры согласования скоростей в мультиплексорах высшего уровня, где все цифровые сигналы нижнего уровня рассматривались как единая группа, традиционная коммутация подразумевает, что скорость каждого канала должна быть согласована индивидуально. Необходимость индивидуальной операции согласования скоростей иллюстрируется на рис. 4.21, на котором изображены два речевых сигнала, коммутируемые на выходе в одну общую линию с ИКМ. Очевидно, что битовая скорость R, на выходе обоих каналов одна и та же. Если два канала изначально поступили из участков сети с различными скоростями тактовых импульсов R_1 и R_2, то согласование скоростей должно быть выполнено отдельно для каждого канала. Сложность вставки и удаления битов заполнения в каждом канале со скоростью 64 кбит/с и в каждом элементе сети может быть чрезвычайно высокой, когда цифровая сеть начнет менять свою архитектуру.

Впрочем, доступность дешевых логических элементов может минимизировать стоимость согласования скоростей на всей сети, но могут возникнуть другие проблемы. Во-первых, для восстановления речевого сигнала потребуются генераторы на 64 кбит/с для каждого канала, что внесет относительно большое дрожание времени ожидания. Во-вторых, сеть не сможет больше обеспечивать синхронизацию бай-

тов, т. к. логика байтовой синхронизации должна быть также включена в процесс восстановления каналов.

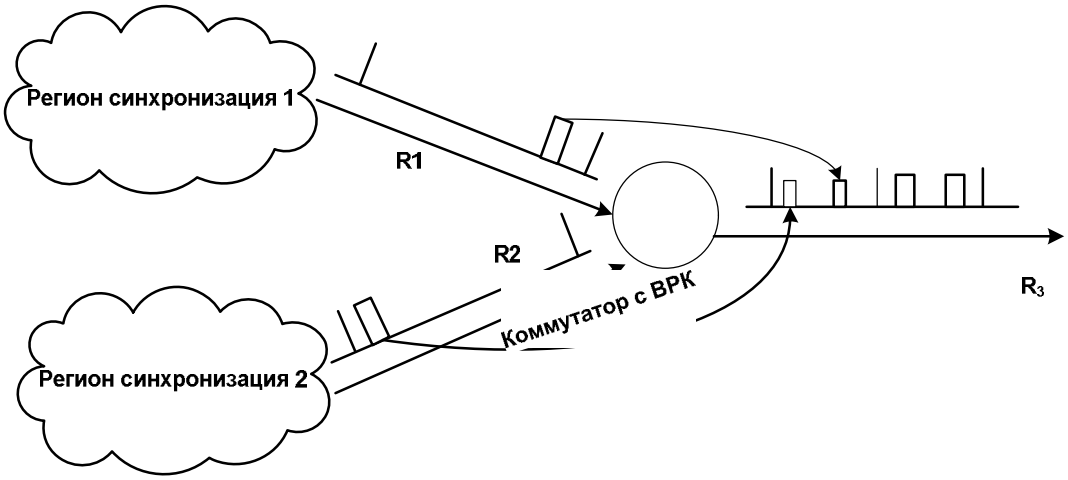


Рис. 4.21. Коммутация двух каналов с различными скоростями в один общий выходной сигнал с ИКМ

3. Взаимная синхронизация. В двух предыдущих разделах рассмотрены режимы работы сетей, которые не обеспечивают синхронизацию отдельных генераторов. В этом и двух следующих разделах представлены планы синхронизации сети, которые предусматривают приведение всех генераторов к общей частоте. В первом методе — взаимной синхронизации — общая частота устанавливается благодаря тому, что все узлы сети обмениваются эталонными частотами, как показано на рис. 4.22. Каждый узел усредняет входящую эталонную частоту и использует результат, как для внутреннего тактирования, так и для передачи.

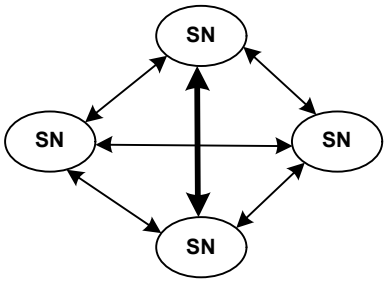


Рис. 4.22. Взаимная синхронизация

После периода инициализации сетевая тактовая частота, как правило, приводится к единой стабильной частоте.

Основное достоинство взаимно синхронизированной сети — ее способность оставаться в рабочем состоянии, несмотря на сбой генератора в каком-либо узле сети. Основный недостаток — неопределенность точного значения усредненной частоты и ее непредсказуемость при переходных процессах.

4. Ведущий генератор. Другой метод синхронизации сети показан на рис. 4.23. При этом методе единственный ведущий опорный генератор передает тактовые импульсы всем узлам, заставляя их работать на одной частоте. Как показано на рисунке, все сетевые узлы непосредственно соединены с сетевым ведущим генератором, что подразумевает наличие отдельной сети передачи только для распределения опорной частоты.

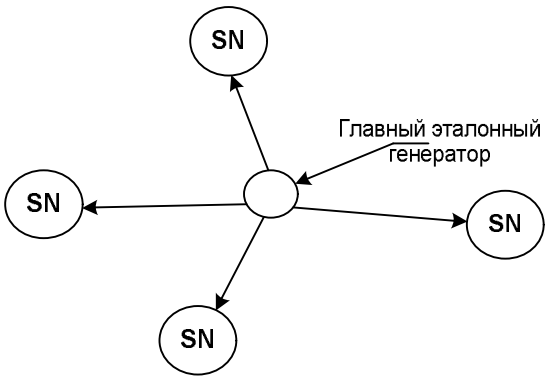


Рис. 4.23. Сеть с синхронизацией от ведущего генератора (*SN-узел коммутации*)

Из соображений надежности предполагается, что для каждого узла будут предусмотрены запасные тракты. Однако принимая во внимание высокую стоимость отдельной сети синхронизации и проблемы надежности распределения эталонных частот, сеть с ведущим генератором и прямой передачей тактовых импульсов в каждый узел нежелательна.

Нечто подобное сети с синхронизацией от ведущего генератора было разработано для распределения тактовых импульсов от спутников глобальной навигационной системы (Global Positioning System, GPS). Коммутационные системы телекоммуникационных сетей всего мира используют GPS и другие спутниковые системы для синхронизации генераторов собственных коммутаторов. Стоимость приемников GPS и соответствующих стабильных генераторов в последние годы значительно снижена, и все большее число узлов сети синхронизируются от подобного (высокоточного) генератора. Поскольку

мобильные цифровые системы CDMA также подключены к GPS, разрабатываются дешевые системы синхронизации для получения тактовых импульсов GPS от базовой станции CDMA вместо непосредственного приема сигнала GPS, что часто требует внешней антенны, принимающей одновременно сигналы от нескольких спутников.

5. Принудительная синхронизация. Основной недостаток сети с синхронизацией от ведущего генератора – необходимость отдельных и надежных средств передачи к каждому узлу. На рис. 4.24 показана конфигурация сети, в которой эталонные тактовые импульсы распределяются по самим линиям передачи. Сетевая эталонная частота передается к нескольким выбранным коммутационным узлам высшего уровня. Далее эти узлы синхронизируют собственные генераторы по эталонной частоте и удаляют дрожания, обусловленные линией передачи, а эталонные тактовые импульсы передают в коммутаторы нижнего уровня по существующим цифровым каналам. Коммутаторы следующего уровня синхронизируются, в свою очередь, по входящим линиям от коммутаторов верхнего уровня, и передают тактовые импульсы на следующий уровень коммутации по их исходящим линиям.

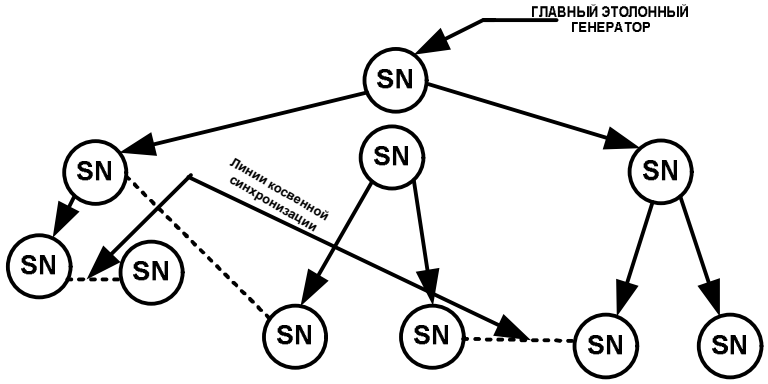


Рис. 4.24. Принудительная синхронизация

Поскольку все коммутационные узлы в сети синхронизированы прямо или косвенно от одной и той же эталонной частоты, все они поддерживают одинаковую номинальную скорость передачи. Поэтому проскальзывания не должны возникать. Однако из-за разности длины трактов, по которым распределяются тактовые импульсы, могут возникать кратковременные различия в частотах в некоторых узлах. Если эти узлы синхронизируются косвенным образом, как показано на рис. 4.28, то изредка возможны проскальзывания. Кроме это-

го, требования надежности предполагают, что все коммутаторы должны быть снабжены резервными генераторами на случай отказа системы распределения тактовых импульсов. Если это произойдет, проскальзывания станут более вероятны, но только через некоторое время, за которое произойдет уход (дрейф) частоты относительно стабильного резервного генератора от общей эталонной частоты.

Кроме того, как упоминалось в предыдущем разделе, доступность источника синхронизации GPS привело к тому, что все больше и больше становится число узлов высшего уровня, и соответственно все меньше и меньше остается ведомых узлов.

6. Пакетизация. При обсуждении принципов синхронизации в пяти предыдущих разделах неявно предполагалось, что сети работают синхронно и коммутируют каналы, поскольку именно так устроены цифровые сети передачи речи. Однако для полноты должна быть рассмотрена другая форма сети – сети с пакетной коммутацией. Сети с пакетной коммутацией разбивают сообщения на определенные блоки (пакеты или ячейки) данных. В промежутках между этими блоками линия передачи либо свободна, либо передает управляющие сообщения. Если все сообщения (управление и данные) разделены номинальными интервалами, свободными от передачи, эластичная память может быть сброшена для приема следующего блока. Поскольку каждый блок ограничен по длине, эластичная память поглощает разность тактовых импульсов и позволяет избежать потери данных.

4.7. Управление сетью

Административное управление сетью. Помимо управления отдельными соединениями и оборудованием сети передачи данных должны обеспечивать административное управление своим оборудованием на макроуровне. Основная цель сетевого администрирования — обеспечение эффективной работы сети во время отказов или перегрузок трафика. При этом следует учитывать два аспекта – управление маршрутизацией и управление потоками.

Еще один аспект администрирования сети – это *управление сетевой нагрузкой.* Управление скоростью, с которой трафик поступает в сеть, называется управлением потоками. Сеть без эффективных процедур управления потоками неэффективна или прекращает полно-

стью функционировать при возникновении чрезвычайно большой нагрузки.

Причина, по которой объем обслуженной нагрузки падает, если поступающая нагрузка превышает некоторое критическое значение, состоит в том, что частично завершенные запросы «связывают» ресурсы сети, пытаясь занять ресурсы, уже занятые другими частично завершенными запросами. Таким образом, возникает взаимная динамическая блокировка. До появления централизованного управления эта ситуация часто возникала в дни повышенной нагрузки (например, праздничные дни). В сети с распределенным управлением при обслуживании источников нагрузки каналы между узлами коммутации подключаются последовательно, пока не будет достигнут пункт назначения. Если нагрузка велика, то требования, идущие со всех сторон сети, встречаются где-то в середине.

В это время частично обслуженные соединения занимают оборудование, необходимое другим соединениям. В пределе, когда существует экстремально высокая нагрузка, все ресурсы сети будут удерживаться частично обслуженными соединениями, и ни одно соединение не может быть окончательно установлено.

Основной принцип, состоит в том, что эффективность использования общих ресурсов в сетях с высокой нагрузкой требует какого-либо управления потоками. Управляемые элементы на периферии сети должны быть информированы о внутреннем состоянии сети и сами управлять потоком нагрузки от источников.

Иногда в сети реализуется несколько уровней управления потоками. В линиях передачи данных необходимы некоторые формы управления потоками для защиты терминала источника от перегрузки, которую может вызвать терминал на другом конце линии. Приемный терминал использует обратный канал, чтобы информировать источник, когда прекращать или когда начинать передачу. Этот уровень управления потоками в сети с коммутацией каналов включает в себя только терминалы и не затрагивает управление самой сети, поскольку нагрузка проходит в уже установленных соединениях. В сети с коммутацией каналов более важен вопрос о том, как контролировать поток заявок на соединение внутри сети. При установлении междугородного соединения нельзя занимать несколько первых каналов, если нет уверенности, что все эти каналы обязательно будут подключены

при завершении соединения. Частично установленные соединения снижают пропускную способность сети, поскольку при этом накапливаются заявки, удовлетворить которые невозможно. Управление потоками в сети намного упрощается при сигнализации по общему каналу, который поддерживает центральное управление сетью. Ниже описаны основные методы нецентрализованного управления потоками и показано, как централизованное управление упрощает их реализацию.

Управление направлением потоков в линиях. Соединительные линии можно классифицировать в зависимости от способа их занятия при обслуживании вызова. Двусторонние линии могут быть заняты с любого конца. Односторонние линии могут быть заняты только с одного конца. Когда используются односторонние линии, они обычно объединяются в один пучок, причем часть линий может быть занята с одного конца, а другая часть — с другого конца. Пучки двусторонних линий более гибкие с точки зрения обслуживания нагрузки, но управлять ими более трудно, поскольку необходимо разрешать конфликты одновременного занятия (встречные вызовы) с обоих концов.

Когда на сети возникает высокая нагрузка, двунаправленность соединительных линий может быть использована для уменьшения потока запросов, идущих внутрь сети, в то время как односторонние соединительные линии от внутренних участков сети к периферии освобождаются. Таким образом, запросы на соединение, которые направлены внутрь сети, будут иметь больше шансов на занятие всего оборудования, необходимого для завершения соединения.

Блокировка по коду. Так называют искусственную блокировку вызова, направленного в пункт назначения с определенным кодом. Если вызовы заблокированы на исходящей станции, прежде чем они затребуют внутренние ресурсы сети, то пункт назначения освобождается от входящей нагрузки без занятия оборудования, которое теперь может быть использовано для обслуживания входящей нагрузки из специально указанных районов.

Этот метод управления потоками особенно полезен во время природных катастроф, которые обычно являются причиной большого числа вызовов внутрь и извне района стихийного бедствия. При таких событиях центр управления сети может инициировать установку блокировки по коду для всех или большей части вызовов в этот район.

Централизованное управление соединениями. Все процедуры управления потоками, рассмотренные выше, разработаны так, чтобы исключить занятие общих ресурсов, если поступившее соединение имеет малую вероятность завершения. Поскольку при этих операциях подразумевается распределенный способ управления сетью, такие процедуры управления неизбежно носят вероятностный характер. Для того чтобы поддерживать определенный уровень эффективности, сеть начинает преднамеренно работать с производительностью меньше максимальной.

Многие элементы централизованного управления были реализованы в нашей стране и других странах с появлением общеканальной сигнализации (ОКС). Если конечный пункт занят, исходящая телефонная станция извещается об этом, для того чтобы передать акустический сигнал «занято» без занятия внутренних линий передачи. Этот способ работы особенно полезен для номеров 800 сети WATS, которые время от времени создают очень большие потоки нагрузки, особенно вследствие передачи сообщений по национальному телевидению.

Общеканальная сигнализация позволяет исходящей станции послать обратный сигнал «занято» так, чтобы освободить и передать в пользование все устройства сети немедленно после определения состояния занятости.

ГЛАВА 5. ТЕНДЕНЦИЯ РАЗВИТИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ

5.1. Системные и технологические принципы модернизации местных сетей электросвязи

МСЭ в своих рекомендациях серии Y предложил модель инфокоммуникационной системы, которая включает четыре основных компонента:

- оборудование в помещении пользователя, которое может состоять как из одного терминала, так и представлять собой комплекс технических средств, образующих одну и более сетей;
- сеть доступа, которая обеспечивает подключение оборудования, находящегося в помещении пользователя, к базовой (транзитной) сети;
- базовая сеть, состоящая из совокупности узлов и станций коммутации для организации местных, междугородных и международных соединений, а также для выхода к средствам поддержки инфокоммуникационных услуг;
- средства поддержки инфокоммуникационных услуг, состоящие из аппаратно-программных средств и предназначенные для различных задач, которые связаны с получением, обработкой и передачей информации пользователям.

Для определения системных и технологических принципов модернизации сети электросвязи целесообразно четко определить ту цель, которую преследует Оператор, заменяя эксплуатируемые технические средства какого-либо компонента системы. Эти же цели необходимо уяснить абонентам и Поставщикам услуг при замене используемых технических средств.

На рис. 5.1 показана модель МСЭ, которая адаптирована к требованиям NGN. Концепция NGN предполагает, что перспективные сети будут широко использовать IP (Интернет протокол) технологию. Поэтому рассматриваемая модель на уровне транзитной сети ориентируется именно на технологию IP с поддержкой всех показателей качества обслуживания – QoS (Quality of Service).

С системной точки зрения переход к IP технологии имеет ряд специфических особенностей. Их можно сформулировать в виде следующих трех тезисов:

- основным стимулирующим фактором перехода к NGN можно считать требования пользователей, что предопределяет радикальные изменения в терминальном оборудовании, а также в сетях доступа;
- к дополнительным факторам перехода к NGN, которые существенны для Оператора, относятся необходимость замены некоторых видов эксплуатируемого оборудования по причинам его морального и/или физического старения, а также поддержка конкурентоспособности на рынке новых видов обслуживания;
- модернизацию сети в большинстве случаев необходимо начинать с построения базовой IP сети, которая должна поддерживать все показатели QoS, определенные для пакетных технологий.

Ситуации, способствующие росту задержки IP пакетов, показаны на рисунке 5.1. Рассматриваемая модель позволяет проанализировать различные варианты связи между терминалами, которые расположены на площадках одного и того же предприятия, в пределах одной местной сети.

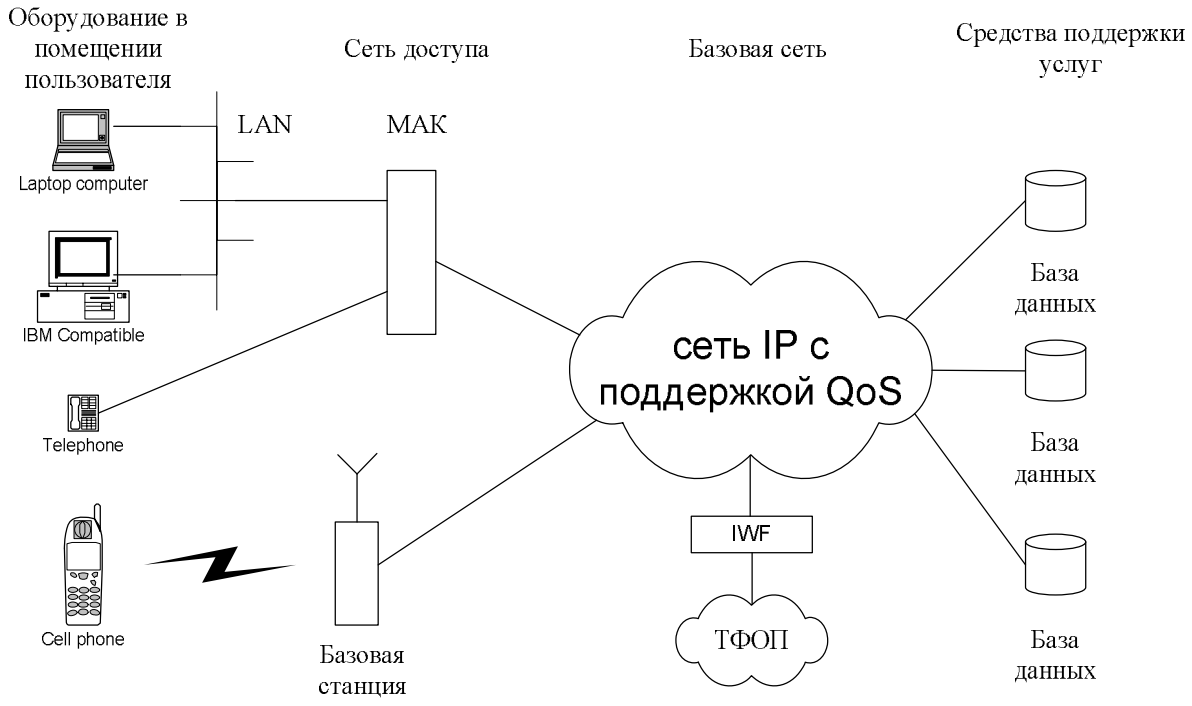


Рис. 5.1. Модель сети электросвязи, основанной на IP технологии

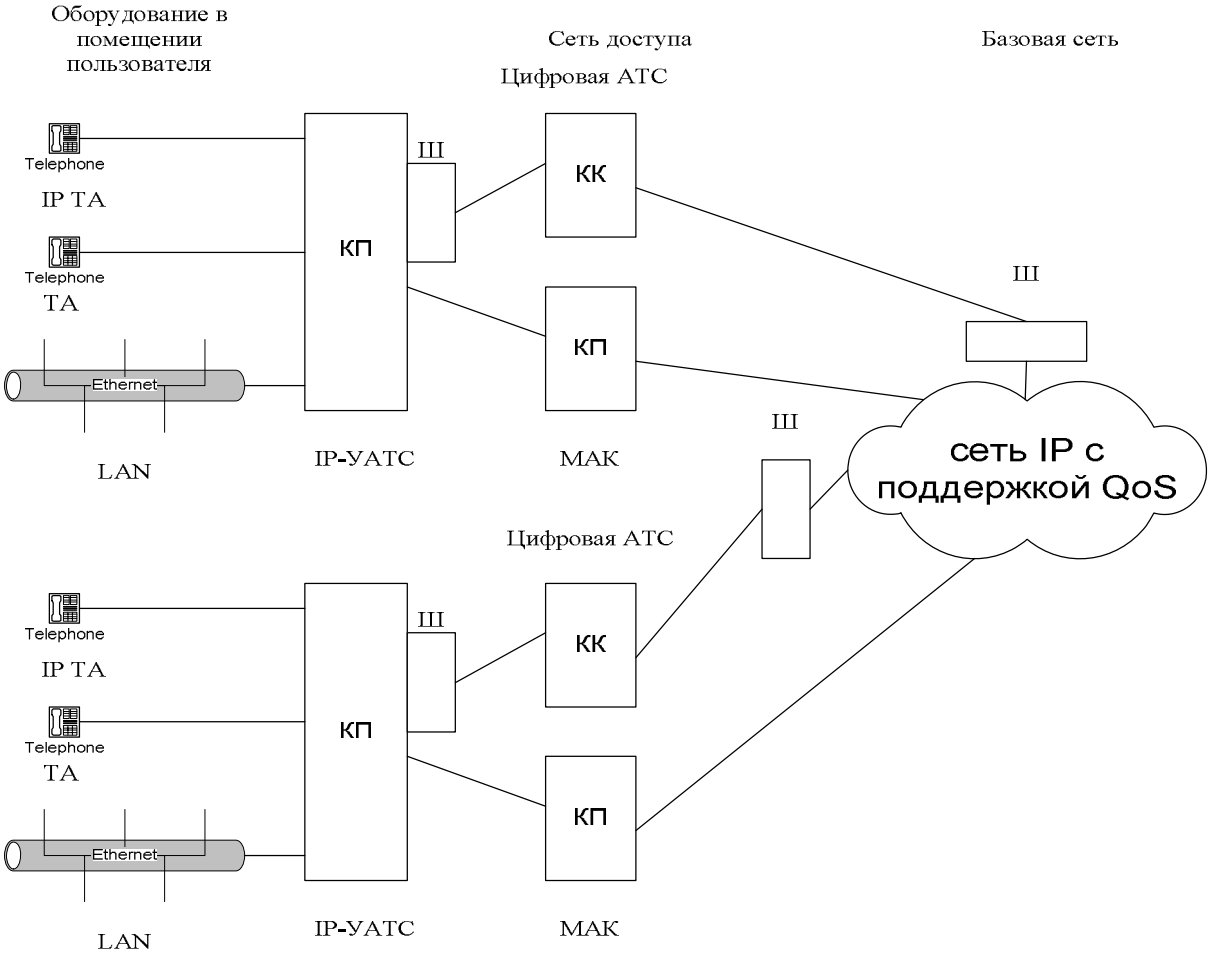


Рис. 5.2. Основные варианты включения IP-УАТС в транзитную сеть

Мультисервисная сеть обслуживает все виды трафика. Предъявлять одинаковые требования к показателям QoS для всех видов трафика не представляется разумным и по техническим, и по экономическим соображениям. Поэтому в рекомендации МСЭ Y.1541 выделено *шесть* классов, различающихся величинами показателей QoS. В табл. 5.1 приведены значения показателей QoS для всех шести классов. Эти значения определяются для таких показателей:

- IPTD – задержка переноса IP пакетов,
- IPDV – вариация задержки IP пакетов,
- IPLR – доля потерянных IP пакетов,
- IREP – доля искаженных IP пакетов.

Символ "U" указывает на то, что показатель для данного класса обслуживания не нормируется.

Таблица 5.1

Показатели QoS для различных классов.

Класс QoS	IPTD [1]	IPDV [2]	IPLR	IREP
0	100 мс.	50 мс. [3]	10^{-3}. [4]	10^{-4}. [5]
1	400 мс.	50 мс. [3]	10^{-3}. [4]	
2	100 мс.	U	10^{-3}.	
3	400 мс.	U	10^{-3}.	
4	1 с.	U	10^{-3}.	
5	U	U	U	U



Рис. 5.3. Функция распределения задержки IP пакетов

1) При большом времени распространения сигналов могут возникать сложности для классов "0" и "2" с соблюдением норм на среднее значение времени задержки IP пакетов. Величины IPTD определены для максимальной длины информационного поля пакета 1500 байтов.

2) Величина IPDV определяется разницей между верхней границей, в качестве которой рекомендуется 99,9% квантиль, и нижней границей задержки, измеренной в течение интервала оценки. В качестве длительности этого интервала предлагается выбирать одну минуту. Все эти соображения МСЭ считает предварительными и требующими дополнительного изучения.

3) Эта величина зависит от емкости тракта обмена пакетами. Приемлемая величина вариации достигается для трактов с пропускной способностью 2048 кбит/с и более, а также при длине информационного поля пакетов менее 1500 байтов.

4) Требования для классов "0" и "1" отчасти основано на исследованиях, показывающих, что высококачественные голосовые приложения (и соответствующие кодеки) весьма эффективны при значениях IPLR менее 10-3.

5) Эта величина гарантирует, что потери пакетов будут компенсированы вышестоящими уровнями и допустимы при использовании связки технологий IP/ATM.

5.2. Принципы модернизации местных транспортных сетей

Нижний уровень модели – среда передачи сигналов. Для услуг типа Triple Play Service этот уровень должен быть реализован на кабелях с оптическими волокнами (ОВ) или на цифровых радиорелейных линиях (РРЛ). В некоторых ситуациях в качестве среды передачи сигналов могут быть использованы двухсторонние каналы спутниковой связи. Для сетей доступа приемлемым решением можно считать комбинированные среды: ОВ и двухпроводная физическая цепь (технологии FTTx и xDSL), а также ОВ и коаксиал (HFC). В сельской местности одним из основных видов доступа становится беспроводный. Он реализуется за счет технологий WLL (Wireless Local Loop) (рис. 5.4).

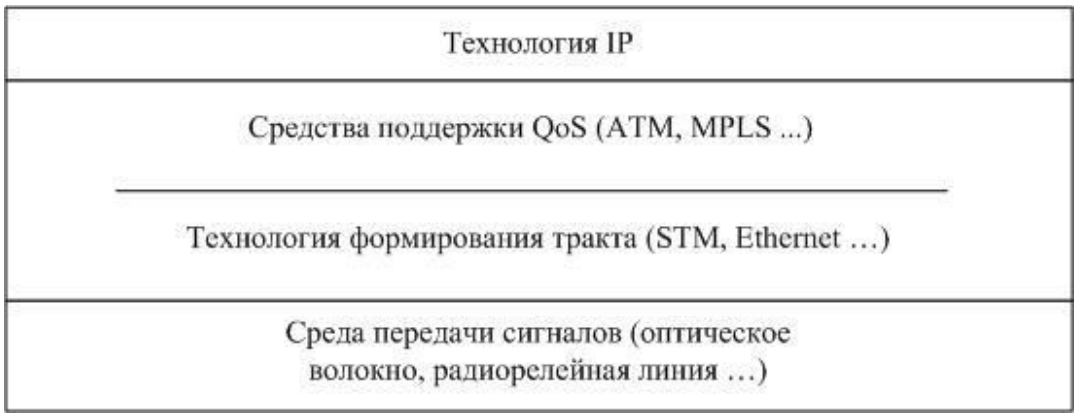


Рис. 5.4. Упрощенная модель звена в транспортной сети

На втором уровне целесообразно выделить два слоя. На нижнем слое выполняются функции формирования цифрового тракта, в качестве которого могут понадобиться тракты STM, Ethernet или основанные на иных стандартах. Верхний слой отвечает за поддержку заданных качественных показателей (QoS). В мультисервисной сети

поддержка показателей QoS обычно осуществляется за счет технологий ATM, MPLS и им подобных.

Третий уровень модели – IP технология, используемая для обмена всеми видами информации в форме пакетов. Для этого уровня предоставляются услуги выделения требуемой пропускной способности, а также обеспечивается надежность связи.

Большинство транспортных сетей на основе оборудования SDH. В некоторых случаях кабель с ОВ задействован полностью (рис. 5.5).



Рис. 5.5. Образование новых транспортных ресурсов

5.3. Принципы модернизации местных коммутируемых сетей

Строго говоря, в настоящее время Оператор эксплуатирует несколько коммутируемых сетей. Среди них доминирует сеть телефонной связи, которая отличается значительной клиентской базой и максимальными доходами. Для других видов коммутируемых сетей характерны такие особенности:

- сеть телеграфной связи постепенно отмирает, а ее трафик плавно трансформируется в факсимильные сообщения, данные, e-mail и прочие виды информации;
- сети обмена данными занимают свою нишу на рынке услуг, среди которых основная роль отводится доступу в Интернет;
- сети подачи программ звукового вещания постепенно разделяются на два больших класса – традиционного распределения и интерактивного обмена (типа Sound on Demand);

- сети подачи программ телевидения также постепенно разделяются на два больших класса – традиционного распределения и интерактивного обмена (типа Video on Demand).

Движущими силами этого процесса, в общем случае, можно считать тенденции развития сетей дальней связи и оборудования в помещении пользователя. На рисунке показаны примеры проявления этих тенденций.

Основные затраты Оператора при построении и эксплуатации сетей международной и междугородной связи приходятся на транспортные ресурсы. Это стимулировало переход на IP технологию, позволяющую эффективнее использовать транспортные ресурсы именно для обслуживания трафика дальней связи. В результате началось формирование так называемого ядра IP сети. Оно показано в левой части рисунка 5.6.

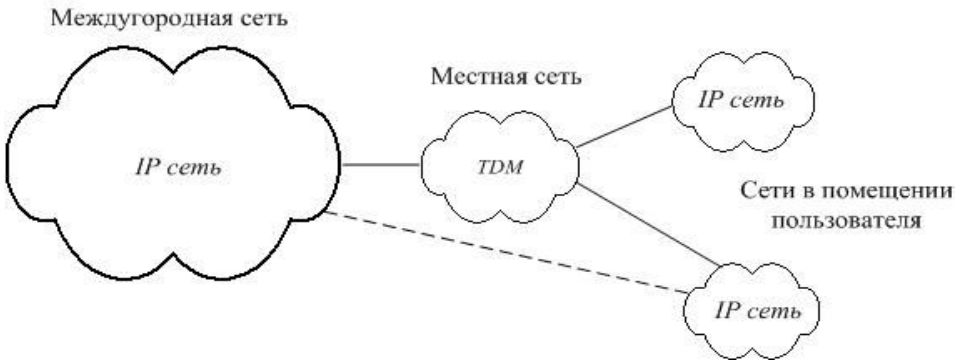


Рис. 5.6. Движущие силы, стимулирующие создание IP сети

В правой части этого же рисунка изображены две IP сети, созданные в помещении пользователей. Такие сети организуются за счет установки IP-УАТС или шлюза, в который включается обычная УАТС и локальная сеть (LAN). Для потенциальных пользователей IP технология, в отличие от Оператора дальней связи, привлекательна по иным причинам: она позволяет эффективно вводить услуги типа Triple Play Service, сократить затраты на поддержку системы производственной связи, снизить расходы на международные и междугородные соединения.

Пунктирной линией показана возможность прямой связи между IP сетями, находящимися на различных уровнях иерархии. Такое решение следует считать исключением, продиктованным невозможно-

стью или нецелесообразностью прохождения трафика через местную сеть, использующую технологию TDM.

Обычно трафик проходит через местную сеть. Это вызывает ряд проблем, из которых следует выделить два весьма важных момента:

- эксплуатируемые местные сети не могут обслуживать мультимедийный трафик;
- переходы с одной технологию на другую (IP – TDM – IP) приводят к снижению качества обслуживания и надежности связи.

Неспособность существующих сетей к обслуживанию мультимедийного трафика приводит к следующему виду преобразования трафика (рассматривается вариант поддержки услуг Triple Play Service в местных сетях) (рис. 5.7).

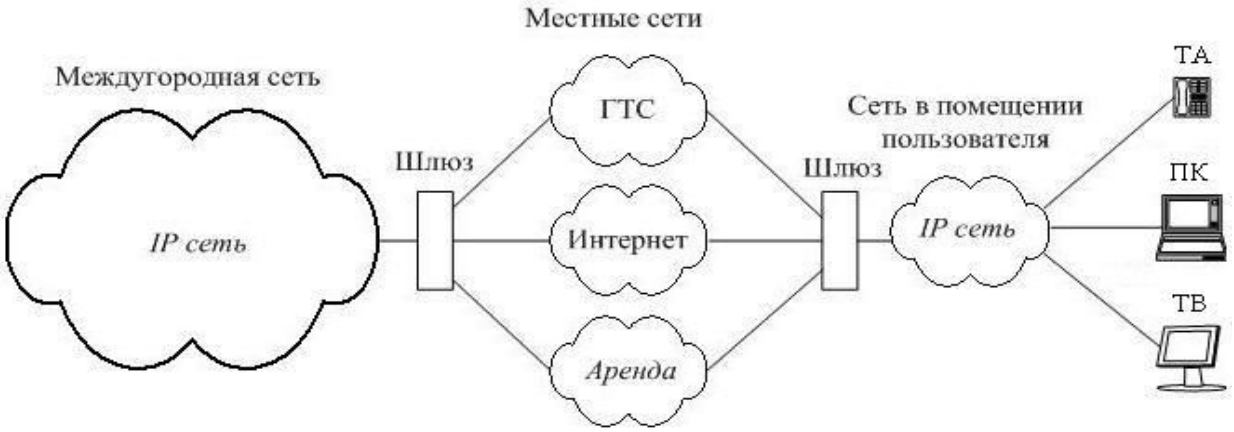


Рис. 5.7. Проблемы смены технологий в городской сети

В правой части рисунка показаны три типа терминалов, включаемых в IP сеть. С помощью ТА абоненты пользуются телефонной и факсимильной связью. ПК служит для обмена данными и выхода в Интернет. Телевизионный терминал (ТВ) служит для организации видеоконференции.

На выходе IP сети, которая расположена в помещении пользователя, установлен шлюз, выполняющий функции взаимодействия с местными сетями.

Для обслуживания трафика вида Triple Play Service необходимы три типа местных сетей:

- городская телефонная сеть (ГТС);

- Интернет (сеть обмена данными);
- арендованные широкополосные каналы, необходимые для передачи видеосигналов (если эту функцию невозможно реализовать через Интернет).

До анализа возможных сценариев модернизации ГТС необходимо разработать оптимальное решение – структуру к моменту завершения процесса построения NGN. На рисунке 5.8 показана модель ГТС большой емкости (с УИС и УВС), которую предстоит модернизировать, а на втором рис. 5.9 – результат модернизации.

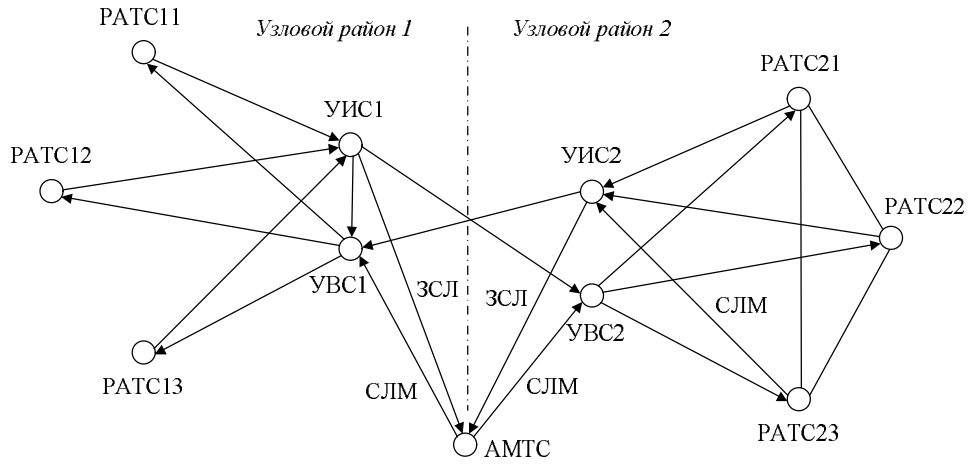


Рис. 5.8. Модель модернизируемой ГТС

Количество мультисервисных абонентских концентраторов (МАК), транзитных (ТК) и магистральных (МК) коммутаторов в IP сети выбрано произвольно.

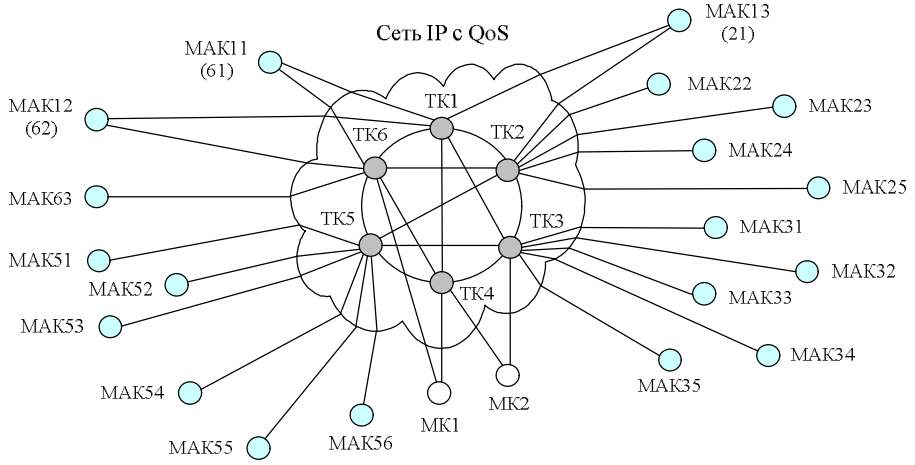


Рис. 5.9. Оптимальная структура NGN для данной сети

Каждый МАК включается в опорный ТК двумя трактами, проходящими по независимым (в терминах теории надежности) путям. Для некоторых МАК может оказаться необходимым включение в два (и даже более) опорных коммутатора. На рисунке 5.9 такая возможность иллюстрируется для МАК11, МАК12 и МАК13. Для этих трех концентраторов в скобках указаны их "вторые" номера. Первая цифра данного номера указывает на тот ТК, в который МАК включен для повышения надежности связи.

Сеть IP – в используемой модели – состоит из шести ТК. Каждый ТК можно считать маршрутизатором. Задача ТК состоит в надежной передаче IP пакетов в соответствии с заранее выбранным маршрутом. На рисунке 5.9 показана структура связи ТК между собой, близкая к полносвязному графу. Для крупных городов будут устанавливаться два или более МК. Их связь с шестью ТК иллюстрирует очевидное требование: к каждому МК должны подходить тракты не менее чем из двух узлов IP сети. При этом каждый тракт между МК и ТК должен быть организован по двум независимым трассам. Пример такого решения – кольцевая структура.

Задача проектировщика заключается в поиске рациональных путей к переходу от ГТС с узлами к сети NGN, оптимальная структура которой известна. На следующем рис. 5.10 приведена структура сети NGN, формируемой на первом этапе модернизации ГТС с УИС и УВС.

Предполагается, что уже введен один МК и началось формирование IP сети. В обоих узловых районах заменяется по одной РАТС. На рисунке показано также включение трех IP-УАТС.

Абонентские терминалы, обслуживаемые ранее РАТС12 и РАТС21, переключаются в четыре концентратора. Для подключения этих концентраторов необходимы два ТК. С их установки начинается процесс формирования IP сети с поддержкой показателей QoS. Оба транзитных коммутатора связаны с МК2, который, в свою очередь, обеспечивает транзит трафика в форме IP пакетов в ГТС и в сети дальней связи через АМТС, которая осуществляет переход на технологию "коммутация каналов".

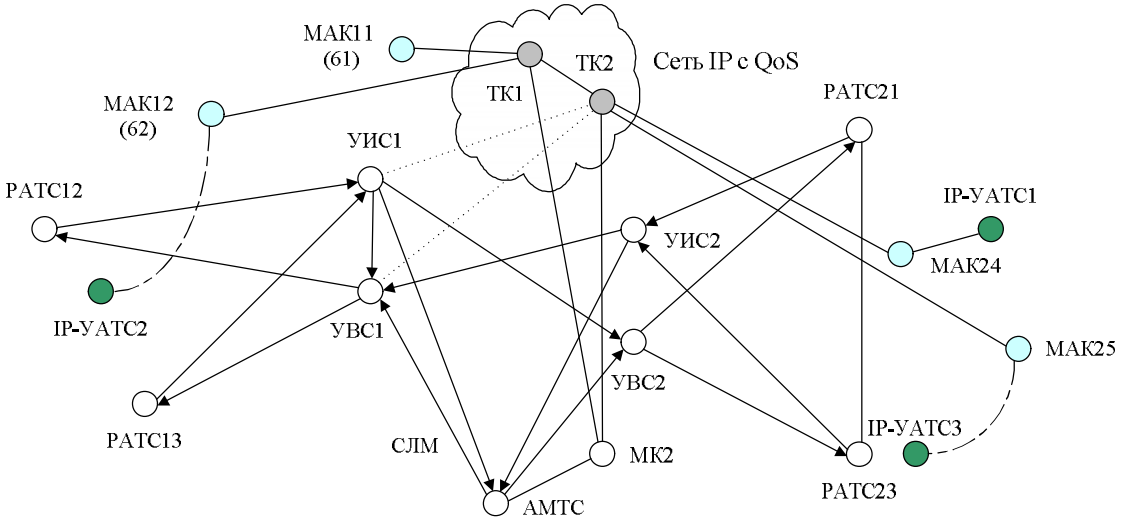


Рис. 5.10. Первый этап модернизации ГТС

Магистральный коммутатор решает и "обратную" задачу. Он преобразует информацию, поступающую из АМТС по трактам Е1, в IP пакеты для их последующей маршрутизации до соответствующего МАК.

Изменение технологии коммутации может осуществляться не только на участке АМТС – МК2. Пунктирными линиями показаны связи ТК2 с УИС1 и УВС2. Это означает, что для транзита местного трафика могут использоваться другие тракты. Выбор способа взаимодействия коммутационного оборудования с разными технологиями коммутации может быть сделан после сравнения затрат, которые необходимы для каждого возможного решения данной задачи.

Первая IP-УАТС находится в зоне обслуживания МАК24. Задача проектировщика – выбрать трассу для связи этих двух элементов сети доступа и рассчитать пропускную способность тракта, обеспечивающего обмен IP пакетами. Сложнее обстоит дело с двумя другими IP-УАТС. Они расположены вне зон обслуживания всех четырех МАК. Понятно, что включение IP-УАТС в РАТС нельзя считать разумным решением, т. к. ухудшаются показатели качества телефонной связи и возникает ряд сложных проблем с поддержкой многих современных услуг.

Целесообразно воспользоваться возможностью полупостоянной коммутации в МВК транспортной сети. Полупостоянные тракты на участках IP-УАТС2 – МАК12 и IP-УАТС3 – МАК25 изображены на

рисунке 5.10 пунктирными линиями. По мере появления МАК вблизи этих IP-УАТС от полупостоянных соединений целесообразно отказаться. При этом IP-УАТС переключается в ближайший к ней МАК.

На втором этапе модернизации ГТС с узлами двух типов происходит расширение IP сети и одновременное сокращение численности коммутационных станций, использующих технологию "коммутация каналов". На рис. 5.11, иллюстрирующем этот процесс, показан демонтаж РАТС12 и РАТС21, а также установка нескольких концентраторов. В один из них переключается IP-УАТС2.

В каждом узловом районе остаются в эксплуатации УИС и УВС, обслуживающие одну РАТС.

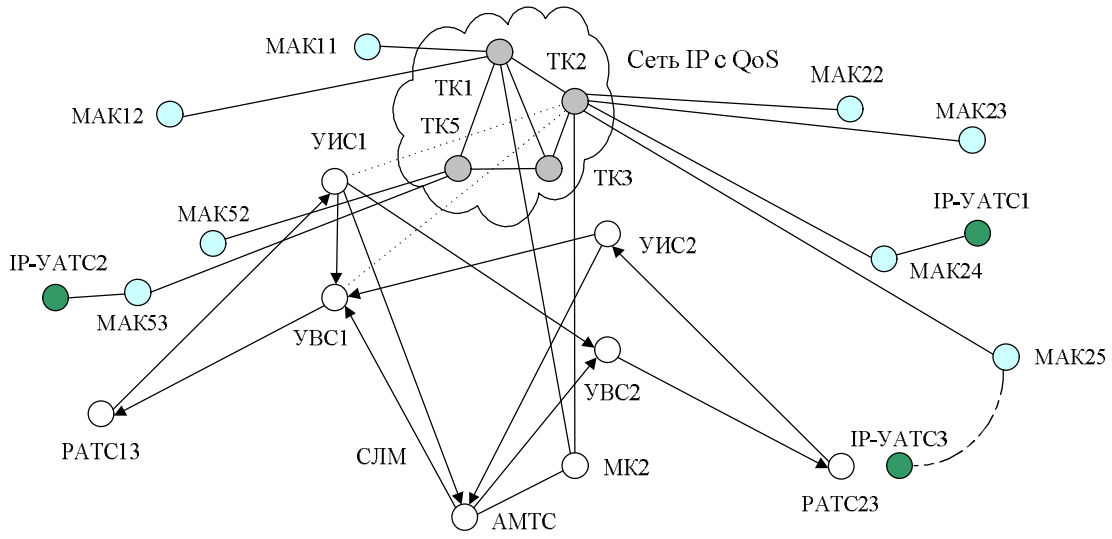


Рис. 5.11. Второй этап модернизации ГТС

На третьем этапе, который можно считать завершающим, выполняются следующие операции:

- заменяются все УИС и УВС, а также РАТС13 и РАТС23, т. е. технология "коммутация каналов" в сети Оператора городской инфокоммуникационной системы более не используется;
- АМТС заменяется магистральным коммутатором (первый номер);
- окончательно формируется сеть IP, в которой устанавливаются еще два ТК и организуются предусмотренные ранее транспортные ресурсы;
- вводятся все предусмотренные в процессе планирования сети концентраторы, в один из которых переключается IP-УАТС3.

На рис. 5.12 воспроизведена структура сформированной сети NGN. Она повторяет топологию, которая была выбрана в качестве оптимальной. Различие иллюстраций состоит в том, что ранее не были показаны три IP-УАТС, подключаемые к концентраторам.

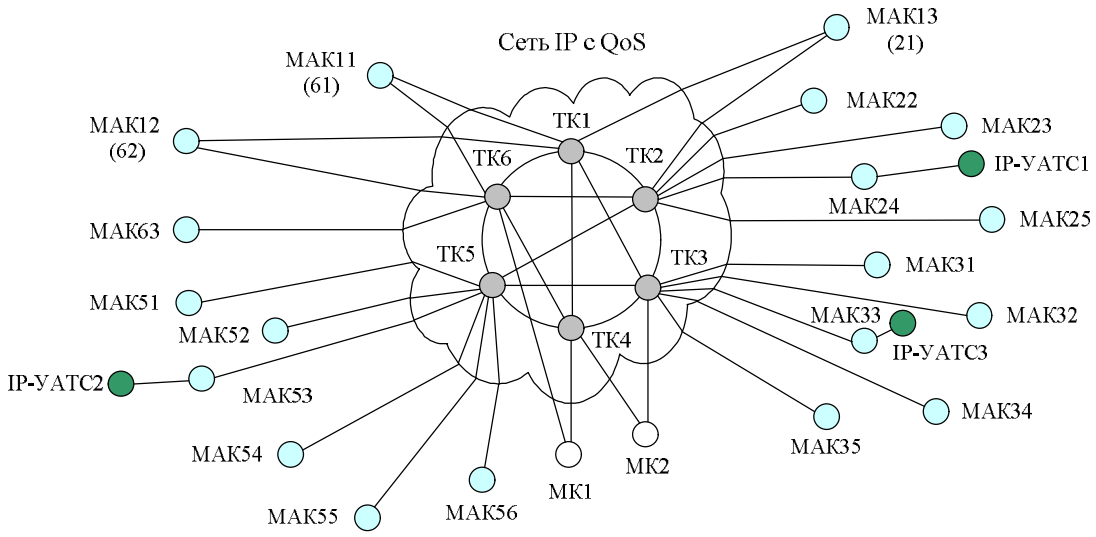


Рис. 5.12. Заключительный этап модернизации ГТС

Анализ принципов перехода к NGN, выполненный для местных телефонных сетей различной структуры, основан на рациональных путях модернизации ТФОП за счет изменения технологий коммутации.

Правомерна и другая постановка задачи: обеспечить подключение к NGN терминального оборудования тех абонентов, которые заинтересованы в новых видах обслуживания и готовы оплачивать предоставляемые услуги. Следует выделить два аспекта, существенных с точки зрения перехода к NGN:

I. Темпы модернизации ТФОП остаются низкими. За период, прошедший с момента установки первой цифровой коммутационной станции (1984 г.), уровень цифровизации ТФОП достиг 70 %. Причем в мегаполисах этот показатель ниже общероссийского. Это означает, что в ТФОП функционирует множество цифровых АТС, замена которых оборудованием NGN экономически нецелесообразна. Соответствующие затраты еще не окупились.

II. Спрос на современные инфокоммуникационные услуги для сравнительно малых (по численности) абонентских групп формируется очень быстро. Эти абонентские группы обычно распределены по

всей территории, обслуживаемой местной телефонной сетью. При ожидаемых темпах создания NGN значительная часть абонентов, которая приносит Оператору существенный доход, уйдет к конкурирующим компаниям.

Если объединить стратегии "наложенной" и выделенной сетей под эгидой одного Оператора, то можно сформулировать еще один подход к развитию системы телефонной связи. Он может рассматриваться как прагматическая стратегия перехода к NGN. Эта стратегия позволит эффективно модернизировать ТФОП с учетом особенностей государственной телекоммуникационной системы.

На рис. 5.13 показан фрагмент ГТС, который состоит из двух АТС. Первая станция является цифровой, а вторая – аналоговой.

Будем считать, что в зоне обслуживания первой АТС насчитывается K_1 абонентов, для которых интересны услуги, предоставляемые NGN. При этом, L_1 абонентов в таких услугах пока не нуждается.

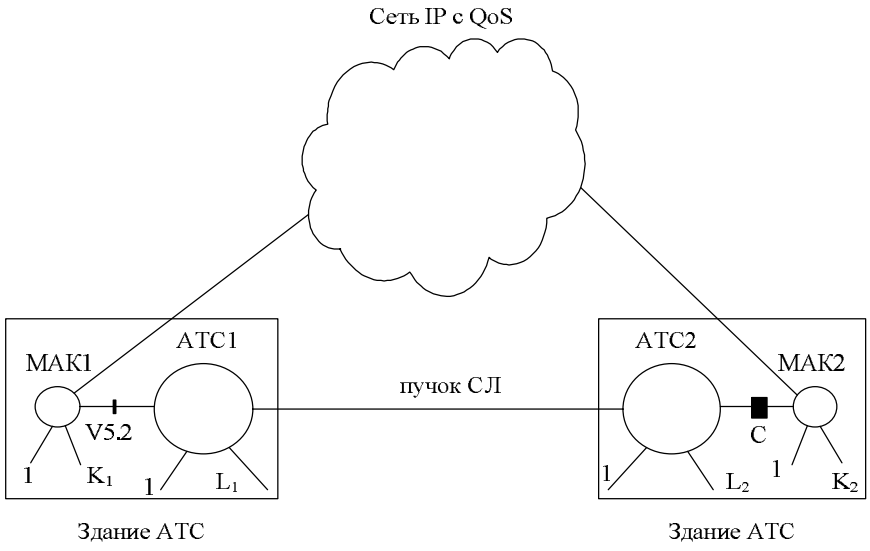


Рис. 5.13. Начальный этап формирования NGN

Очевидно, что в ближайшее время $L_1 >> K_1$. Похожая картина будет характерна для второй АТС, т. е. $L_2 >> K_2$.

В зданиях АТС устанавливаются мультисервисные абонентские концентраторы (МАК). В первый и во второй МАК включаются K_1 и K_2 портов соответственно. Стык между МАК1 и АТС1 соответствует интерфейсу V5.2. Для сопряжения аналоговой АТС2 и МАК2 необходим конвертор (С). При переключении абонентских линий из АТС

в МАК не меняется номер абонента в ТФОП, что привлекательно для многих пользователей, вложивших, например, значительные средства в рекламу своего номера.

Оба МАК включаются в сеть IP, которая поддерживает все показатели качества обслуживания (QoS), специфицированные для NGN. Это означает, что всем абонентам, включенным в МАК, доступны услуги, входящие в набор Triple-play services.

Таким образом, каждый МАК функционирует в двух сетях. *Во-первых,* он становится концентратором АТС. *Во-вторых,* он является коммутатором доступа в сети NGN. Для Оператора существенно то, что обе АТС могут использоваться до того времени, пока они удовлетворяют требованиям ТФОП, т. к. поддержка всех новых видов услуг возлагается на МАК.

Построение выделенной сети NGN осуществляется в соответствии с идеологией "наложенной" сети, но с двумя отличиями:

- выделенная сеть создается практически сразу для всех абонентских групп в границах местной телефонной сети (на площадках всех АТС);
- емкость каждого концентратора МАК на начальном этапе формирования NGN существенно меньше, чем емкость любого коммутатора NGN при реализации "наложенной" сети (на участке МАК – сеть IP).

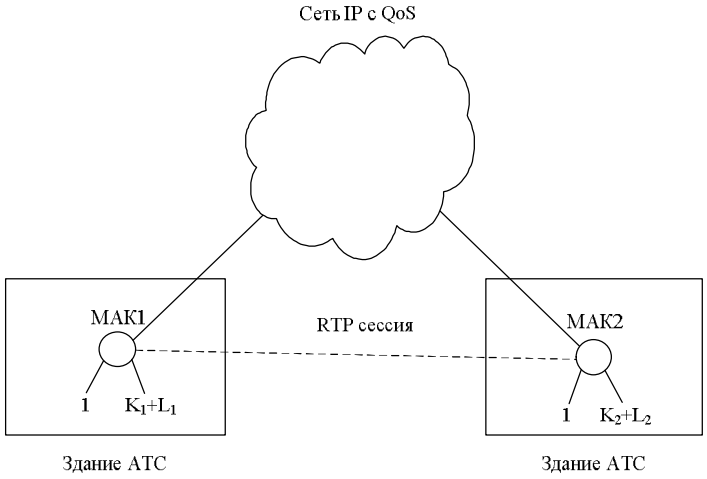


Рис. 5.14. Завершение процесса формирования NGN

Эволюция ТФОП заключается в постепенном росте величин K_j. Это означает, что величина L_j (число эксплуатируемых портов в

АТС) снижается. Процесс будет продолжаться до полного вывода АТС из коммерческой эксплуатации. Завершающая фаза модернизации ГТС показана на рисунке 5.14. В данном примере обмен IP пакетами между двумя МАК осуществляется по транспортному протоколу реального времени (RTP).

Наряду с очевидными преимуществами предлагаемого подхода к формированию NGN следует выделить ряд недостатков, свойственных прагматической стратегии. Они, как правило, объясняются экономическими соображениями, для анализа которых следует провести качественный анализ кривых чистой текущей стоимости – *NPV* для стратегий перехода к NGN, интересных с практической точки зрения. Целесообразно рассмотреть три альтернативных выбора Оператора:

- организация "наложенной" сети;
- построение выделенной сети;
- реализация прагматической стратегии.

Построение выделенной сети рассматривается как отказ Оператора от поддержки услуг NGN. Иными словами Оператор ограничивается основными и дополнительными услугами, обеспечиваемыми ТФОП. Кстати, эти услуги обеспечивают самый большой доход региональным Операторам ОАО "Связьинвест".

Для построения кривых *NPV* , которые показаны ниже, введен ряд предположений. Во-первых, замена всех РАТС (если это необходимо в рассматриваемой стратегии) осуществляется в разное время. Во-вторых, при полном завершении процесса реализации прагматической стратегии все АТС остаются в эксплуатации и обслуживают только трафик речи. В-третьих, численность этапов модернизации и моменты времени, когда заменяется оборудование АТС, при построении "наложенной" и выделенной сетей совпадают.

5.4. Построение сетей мультисервисного доступа

Методологический подход. Использование в сети доступа выносных модулей (УАТС, концентраторов и мультиплексоров), а также появление новых технологий (в частности, ЦСИО) стимулировало спецификацию ряда интерфейсов в цифровой коммутационной станции. Эти интерфейсы в рекомендациях МСЭ обозначаются буквой "V" с добавлением цифрового индекса. Все интерфейсы типа "V" на

физическом уровне представляют собой стандартные цифровые тракты с пропускной способностью 2048 кбит/с. Их характеристики полностью соответствуют рекомендациям МСЭ G.703 и G.704. Различаются эти интерфейсы только используемыми системами сигнализации (рис. 5.15–5.17).

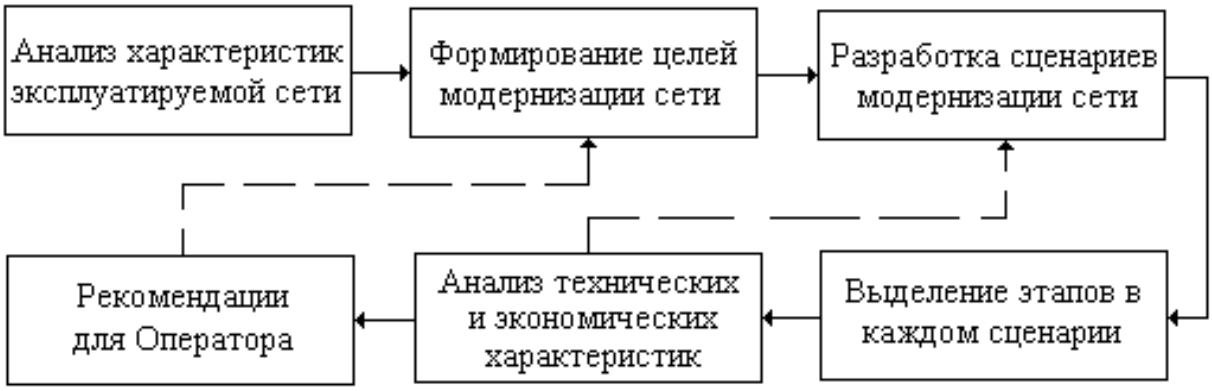


Рис. 5.15. Процесс модернизации сети доступа

Включение терминалов в цифровую АТС имеет три варианта

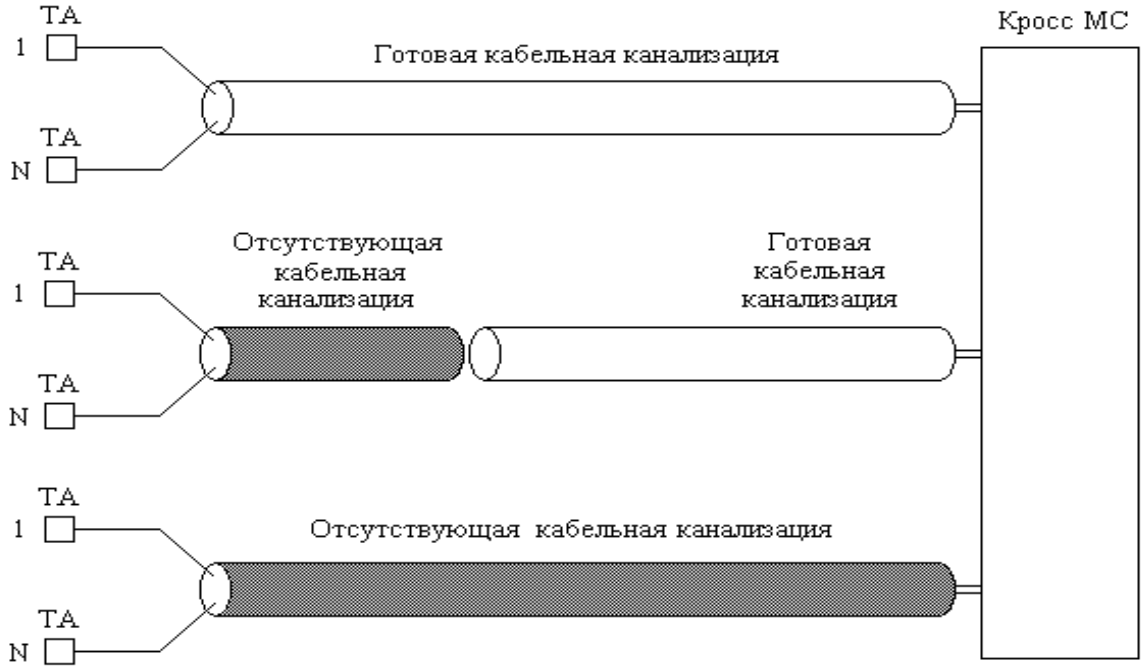


Рис. 5.16. Вариант включения группы терминалов в коммутационную станцию

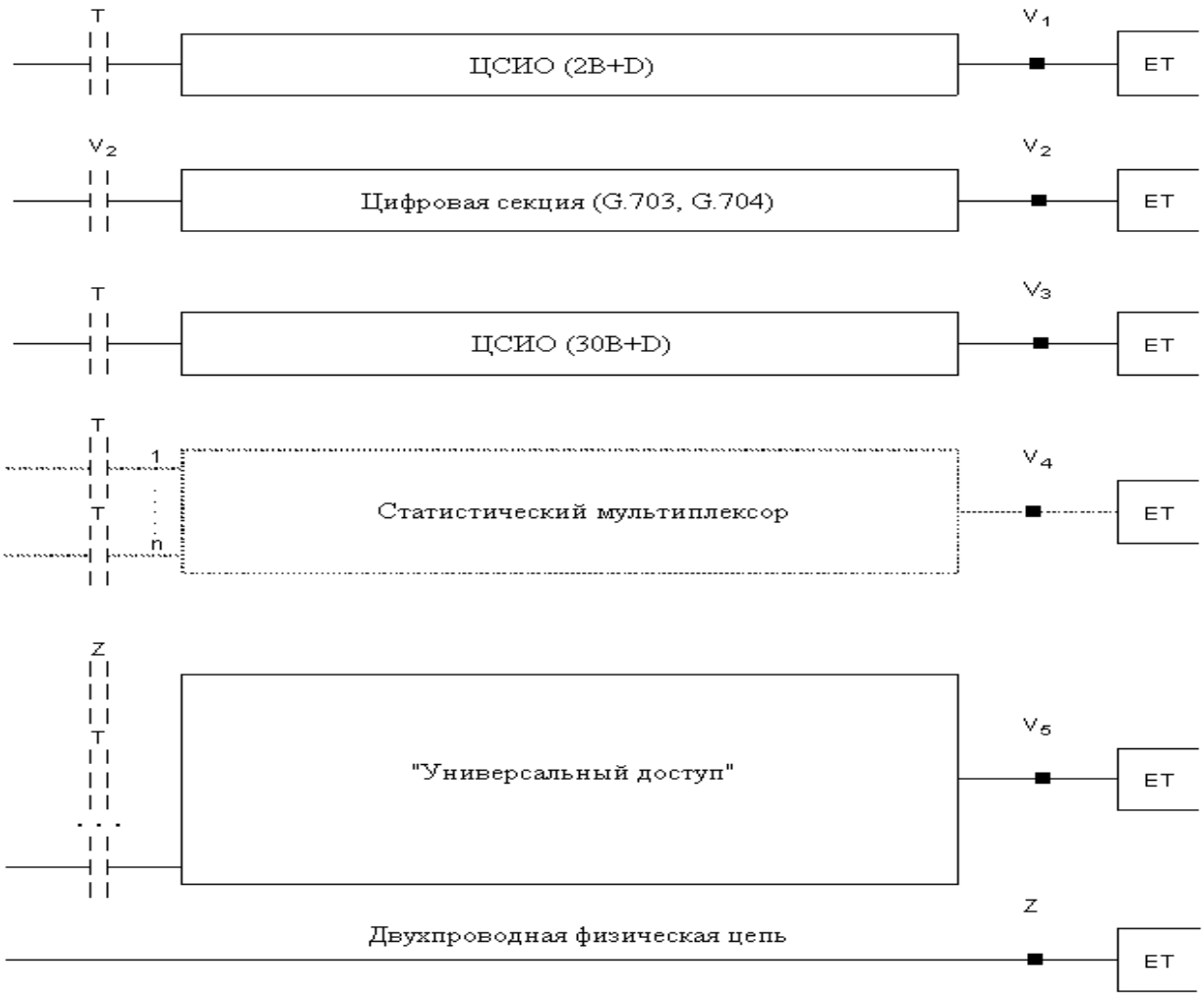


Рис. 5.17. Интерфейсы класса "V" (рекомендация МСЭ Q.512)

Сеть в помещении клиента может содержать множество устройств, часть которых имеет различные интерфейсы типа "V". Такое положение существенно усложняет построение сети доступа и ее эксплуатацию. Кроме того, некоторые Поставщики цифровой коммутационной техники использовали выносные модули, имеющие так называемые фирменные интерфейсы.

Эти интерфейсы не по всем показателям соответствуют рекомендациям МСЭ и стандартам ETSI. В результате сформировалась идея разработки универсального интерфейса, который отвечал бы таким требованиям:

- включение в цифровую коммутационную станцию выносных модулей различного типа по стандартному стыку;

- развитие сетей доступа за счет использования выносных модулей любого Поставщика оборудования, реализовавшего стандартный стык с коммутационной станцией.

МСЭ и ETSI выполнили разработку такого универсального интерфейса. Он получил обозначение V5. Существует два варианта этого интерфейса – V5.1 (без концентрации) и V5.2 (с концентрацией). Основные характеристики интерфейса V5.1 определены в рекомендации МСЭ G.964 и в стандарте ETSI ETS 300-324-1. Аналогичные характеристики для интерфейса V5.2 изложены в рекомендации МСЭ G.965 и в стандарте ETSI ETS 300-347-1. Национальная часть протокола определяется для каждой страны в отдельности.

Идеи, положенные в основу интерфейсов V5.1 и V5.2, подходят и для широкополосного доступа. Соответствующие спецификации – VB5.1 и VB5.2 – разрабатываются в МСЭ и ETSI. Символ "B" (первая буква в слове "Broadband" – широкополосный) указывает на область использования этих интерфейсов.

Для модернизации сетей доступа, созданных Оператором ТФОП, очень важен интерфейс V5.2, который позволяет эффективно использовать выносные концентраторы. Наличие этого интерфейса в цифровой коммутационной станции – необходимое условие для экономичной модернизации сети доступа и для эффективной поддержки новых инфокоммуникационных услуг. Следует учитывать, что интерфейс V5.2, помимо решения технологических задач (установление и разъединение соединений), обеспечивает выполнение всех функций, касающихся технического обслуживания оборудования доступа. Эти функции определены международными и национальными стандартами Администрации связи.

Переход к мультисервисным сетям. Для модернизации сетей доступа разработано множество новых технологий, но по очевидным экономическим соображениям Операторы ТФОП не спешат с заменой двухпроводных физических цепей. Новые технологии доступа можно классифицировать различными способами. Один из таких способов – деление технологий на две группы. Первая группа включает технологии, которые используют (полностью или частично) двухпроводные физические цепи. Технологии второй группы такой возможности не предусматривают. Предлагаемая классификация новых технологий доступа показана на рис. 5.18. Технологии, образую-

щие первую группу, интересны, по крайней мере, с двух точек зрения. Во-первых, они обеспечивают поддержку ряда новых инфокоммуникационных услуг. Во-вторых, эти технологии позволяют снизить затраты на модернизацию сети доступа, даже если платежеспособный спрос на новые услуги отсутствует.

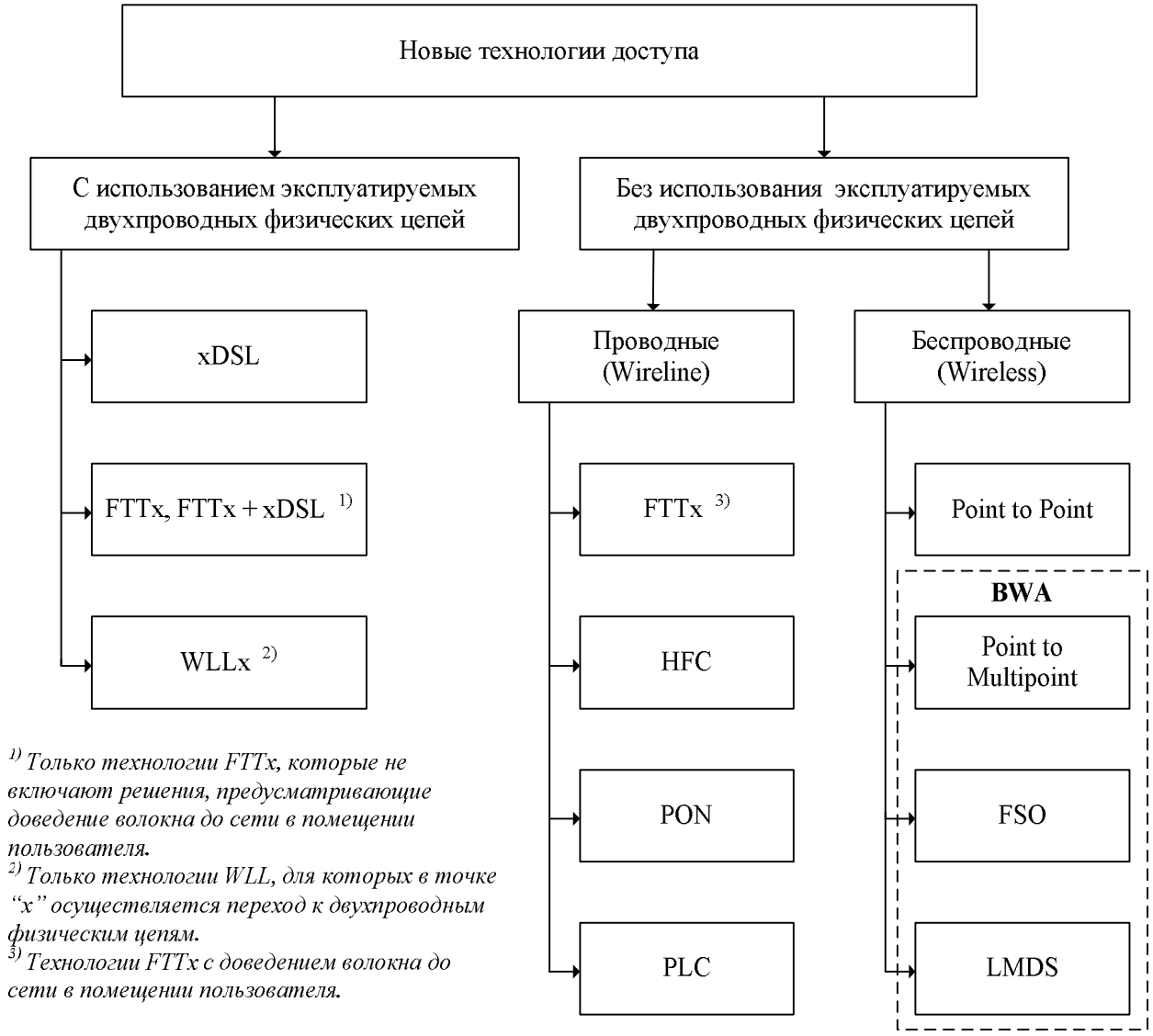


Рис. 5.18. Классификация технологий

Вопросы практического использования технологий, входящих в семейство xDSL, активно обсуждаются в российской и зарубежной технической литературе, а также на сайтах Internet.

В настоящее время более популярны асимметричные цифровые тракты, создаваемые оборудованием ADSL, что объясняется основ-

ной областью применения рассматриваемого семейства технологий: доступ в Internet. Ожидается, что в перспективе будут более активно использоваться симметричные тракты, создаваемые, в частности, оборудованием SHDSL. Типичный пример их применения – объединение разнесенных офисов одной компании в единую сеть.

Технологии FTTx подразумевают доведение кабеля с оптическим волокном до некоторой точки "x", после которой информация передается с использованием иной среды распространения сигналов. Для первой группы технологий интересны те решения FTTx, для которых после точки "x" используется физическая двухпроводная цепь.

Такой способ построения сети доступа может оказаться экономически выгодным, если в точке "x" устанавливается выносной концентратор цифровой коммутационной станции. Если некоторым пользователям необходим широкополосный доступ, то такая возможность может обеспечиваться сочетанием технологий FTTx и xDSL.

В некоторых случаях (чаще всего, в сельской местности) применяются технологии беспроводных абонентских линий (WLL) в сочетании с физическими цепями. Существует несколько разновидностей технологий WLL, которые различаются способом разделения каналов (частотный, временной и кодовый), а также иными характеристиками.

Технологии, входящие во вторую группу, в свою очередь, делятся на два вида: проводные (wireline) и беспроводные (wireless). Для технологий первого вида на рис. 5.18 приведены четыре примера:

- подмножество FTTx, которое предназначено для доведения оптического волокна до сети, расположенной в помещении пользователя;
- комбинированная среда "волокно-коаксиал", известная по аббревиатуре HFC (способ, который был разработан и апробирован Операторами кабельного телевидения);
- пассивная оптическая сеть PON, обеспечивающая широкополосные услуги для нескольких групп потенциальных клиентов;
- технология PLC, которая использует линии электропитания в качестве среды передачи сигналов через сеть доступа.

Технологии второго вида также представлены четырьмя примерами. Три последних примера образуют общее подмножество технологий BWA, которое ориентировано на поддержку широкополосных услуг.

Оборудование, использующее конфигурацию связи "Point to Point", применяется для организации тракта между двумя приемопередатчиками. Первое поколение оборудования "Point to Point" предназначалось для включения телефонного аппарата в абонентский комплект коммутационной станции. Среди специалистов такое оборудование получило название "радиоудлинитель".

Конфигурация "Point to Multipoint" обеспечивает подключение терминалов или выносных модулей, расположенных в зоне обслуживания соответствующей базовой станции. Первые системы "Point to Multipoint" были предназначены исключительно для телефонной связи. Широкополосные услуги ими не поддерживались. В настоящее время в большинстве систем, использующих конфигурацию "Point to Multipoint", предусмотрена поддержка широкополосных услуг. Характерным примером такого решения считается оборудование, соответствующее семейству стандартов IEEE 802.16. Оно более известно по аббревиатуре WiMAX.

Следующий пример технологий беспроводного широкополосного доступа – системы лазерной связи, более известные по аббревиатуре FSO. Удачно отражает смысл этой технологии название одной статьи: "Fiber Optics Without Fiber" – оптическое волокно без волокна. Для передачи сигналов используется лазер, луч которого распространяется в открытом пространстве.

Завершает перечень примеров беспроводного доступа технология LMDS (LMCS). Эта технология изначально была предназначена для подачи телевизионных программ. Из поддерживаемых услуг следует выделить "Видео по заказу", которая в последние годы становится все популярнее. Функциональные возможности технологии LMDS позволяют обеспечить все виды связи, среди которых важная роль отводится высокоскоростному доступу в Internet.

Появление новых технологий не означает, что подключение телефонных аппаратов по двухпроводным физическим цепям не будет применяться Операторами ТФОП. Для тех абонентов, которым необходимы только услуги телефонной связи, такой вариант организации сети доступа вполне приемлем, если он экономически оправдан.

Не менее интересны технологические аспекты, прямо или косвенно связанные с системами передачи и коммутации. Реализация концепции NGN предполагает смену технологий коммутации. Это

обстоятельство, в свою очередь, существенно влияет на выбор технологии передачи.

Большинство специалистов отдают предпочтение технологии Ethernet. В ряде случаев оборудование Ethernet будет использовать цифровые тракты систем передачи синхронной иерархии (SDH). Образующаяся связка технологий получила название EoSDH (Ethernet over SDH). В новом поколении оборудования SDH предусмотрен порт Ethernet. Интерес к использованию сети SDH объясняется давно апробированными решениями, касающимися управления транспортными ресурсами и восстановления связи в случае отказов. Выбор технологии Ethernet обусловлен рядом причин, среди которых решающее значение отводится ожидаемому переходу к коммутации пакетов.

Аспекты конкуренции технологий доступа

Анализ сфер эффективного применения проводных и беспроводных технологий доступа представляется актуальным, по крайней мере, для учета влияния географических факторов. Это можно проиллюстрировать с помощью двух кривых, приведенных на пятом рисунке. Эти кривые позволяют оценить область эффективного применения различных систем доступа в зависимости от поверхностной плотности размещения абонентов (σ). Результаты были получены специалистами из университета штата Кентукки в процессе проведения исследований по программе развития сельской связи.

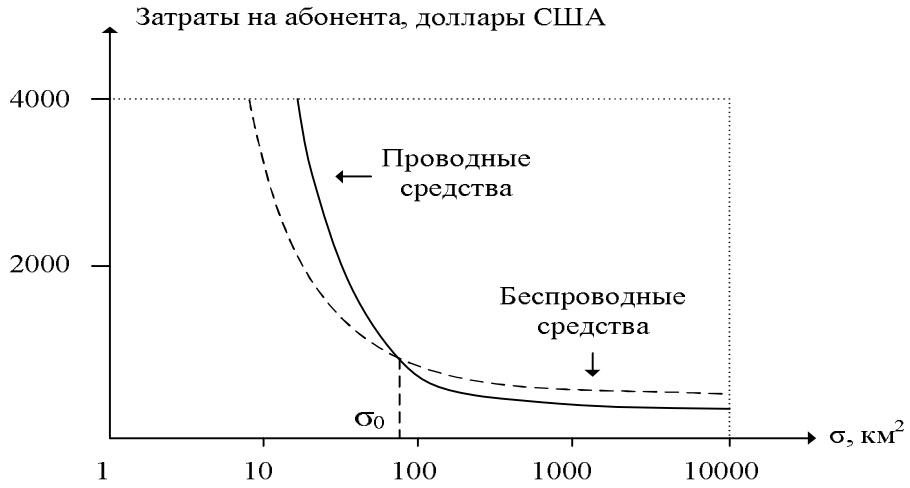


Рис. 5.19. Влияние поверхностной плотности распределения потенциальных абонентов на стоимость сети доступа

Поверхностная плотность населения в Казахстане составляет, в среднем, 8,6 человека на один квадратный километр. Более того, ни в одном округе эта величина не превосходит значение σ_0, свыше которого средства проводной связи становятся более эффективными с точки зрения удельных затрат на подключение абонента.

Ход обеих кривых в области очень низких значений поверхностной плотности размещения потенциальных абонентов свидетельствует, что для отдаленных пунктов в сельской местности стоимость сети доступа достигает огромных величин. Эффективными решениями были названы беспроводные IP технологии. Заметная роль отводится и системам спутниковой связи.

Аспекты структуры сети доступа. Сети доступа, созданные Операторами ТФОП в городах, основаны на типовых решениях, которые предусматривают выделение зоны прямого питания и нескольких шкафных районов. Структуры сетей доступа в городах очень похожи. Для сельской местности характерно большее число типовых решений по построению сетей доступа вследствие географических и демографических различий.

Интеграция всегда была свойственна сетям доступа. Она порождала изменение ряда базовых принципов, которые определяли построение сетей доступа. Переход к NGN стал катализатором этого процесса. Данное утверждение иллюстрирует рис. 5.20, на котором изображена модель перспективной сети доступа.

Основной элемент модели – мультисервисный абонентский концентратор (МАК), поддерживающий подключение всех видов терминального оборудования. Он также обеспечивает выход в базовую сеть. Аббревиатура FTTR используется для обозначения тех способов применения технологии FTTx, когда кабель с оптическими волокнами прокладывается от опорного коммутатора базовой сети к удаленному модулю. В данном случае функции такого модуля выполняет МАК.

В верхней части модели показано включение обычного телефонного аппарата (ТА) по двухпроводной физической цепи. Такое решение будет вполне приемлемым для тех пользователей, которым необходима только телефонная связь.

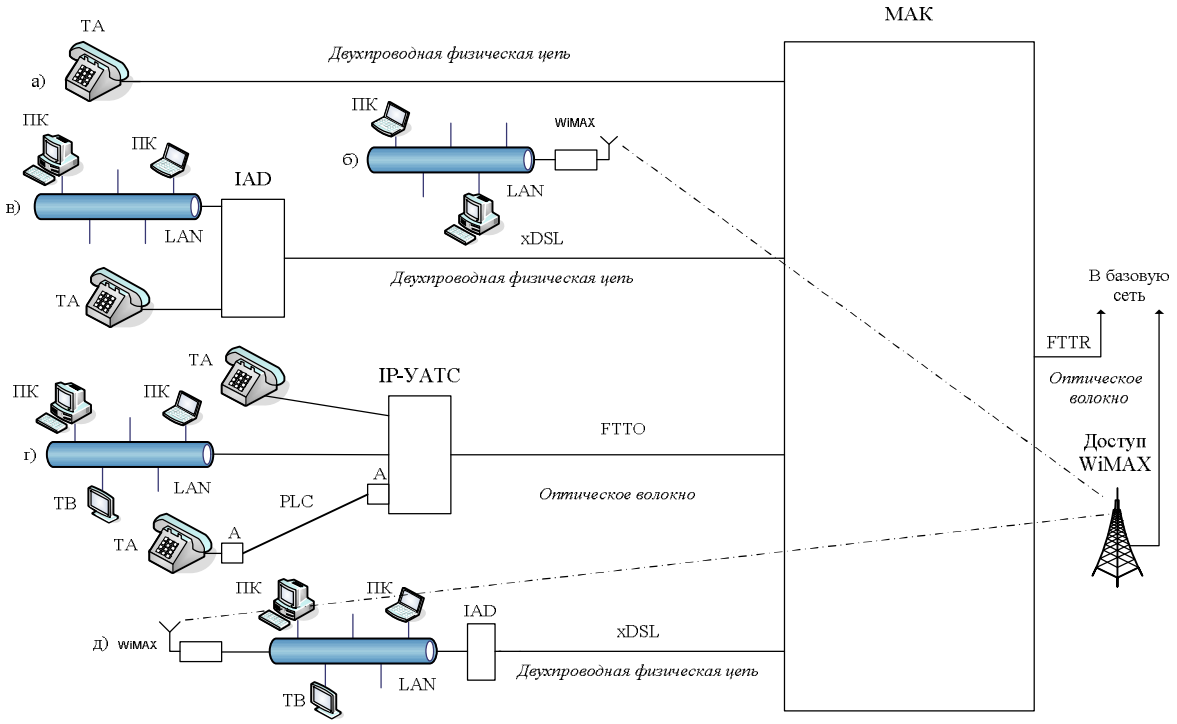


Рис. 5.20. Модель перспективной сети доступа

Вариант (б) иллюстрирует одну из типичных ситуаций. Новая компания создает сеть в помещении пользователя на основе локальной сети (LAN), а линейно-кабельные сооружения для подключения к МАК отсутствуют. Тогда можно воспользоваться услугами другого Оператора. Для выбранной модели показана возможность использования сети беспроводного широкополосного доступа, для которой выбран стандарт WiMAX.

Некоторые компании стали использовать устройства интегрированного доступа (IAD), обеспечивающие подключение различных видов терминального оборудования. Для варианта (в) показано включение одного телефонного аппарата и локальной сети, которая обеспечивает связь для персональных компьютеров (ПК). Связь IAD с концентратором осуществляется за счет оборудования xDSL, которое работает по физической цепи. Ряд стандартов позволяет улучшить характеристики качества передаваемой информации за счет использования нескольких физических цепей.

Вариант (г) основан на использовании учрежденческой АТС, которая базируется на IP технологии (IP-УАТС). Телефонные аппараты в эту станцию подключаются двумя способами:

- по обычной двухпроводной физической цепи;
- через адаптеры (А), которые позволяют передавать информацию по линиям электропроводки (технология PLC).

В локальной сети показано устройство обмена телевизионными сигналами (ТВ). До концентратора предусмотрено использование кабеля с оптическим волокном. Буква "О" (Office) на последней позиции в аббревиатуре FTTO указывает на тот факт, что кабель с оптическим волокном проложен до офиса, т. е. до границы с сетью в помещении пользователя.

В нижней части модели показано решение, которое можно считать комбинацией вариантов (б) и (в). Всем пользователям обеспечивается два независимых пути обмена информацией с базовой сетью:

- по цифровому тракту, образованному оборудованием xDSL, и далее через МАК;
- по цифровому тракту, созданному системой беспроводного широкополосного доступа, и далее через базовую станцию WiMAX.

Такое решение было предложено для обеспечения высокой надежности связи тем пользователям, которые готовы заключить с Оператором соглашение об уровне обслуживания (SLA). Эти соглашения предусматривают повышение тарифов, но гарантируют пользователям более высокие показатели качества обслуживания, нарушение которых Оператором оценивается заранее оговоренными денежными компенсациями.

Симбиоз проводных (wireline) и беспроводных (wireless) технологий, который для краткости можно назвать "W+W", позволяет повысить надежность связи. Это решение подчеркивает эффективность взаимного дополнения двух видов доступа. Обычно проводные и беспроводные технологии рассматриваются как конкурирующие решения.

Модель сети доступа, показанная на рис. 5.20, позволяет рассматривать различные варианты подключения терминального оборудования в МАК. Для иллюстрации различных структур, позволяющих реализовывать сети доступа, лучше использовать другие модели. Они обычно состоят из двух плоскостей. В нижней плоскости обычно изображаются принципы организации транспортных ресурсов. Верхняя плоскость содержит схему связи между центром сети доступа,

функции которого в ТФОП выполняет АТС, и выносными концентраторами.

На рис. 5.21 показана двухплоскостная модель сети доступа, в которой транспортные ресурсы образуются за счет организации четырех колец, пронумерованных римскими цифрами.

Каждое кольцо объединяет несколько мультиплексоров выделения каналов (МВК). Семнадцатый МВК не входит ни в одно из колец; такая ситуация может быть обусловлена рядом причин экономического и организационного порядка. Каждый МВК расположен на одной площадке с выносным концентратором (К). Их номера в обеих плоскостях совпадают. Сетевой узел (СУ) находится в одном здании с АТС.

За счет полупостоянных соединений в коммутационных матрицах МВК могут быть сформированы различные структуры для связи АТС с концентраторами. Обычно реализуется топология "звезда", которая показана в верхней плоскости рис. 5.21.

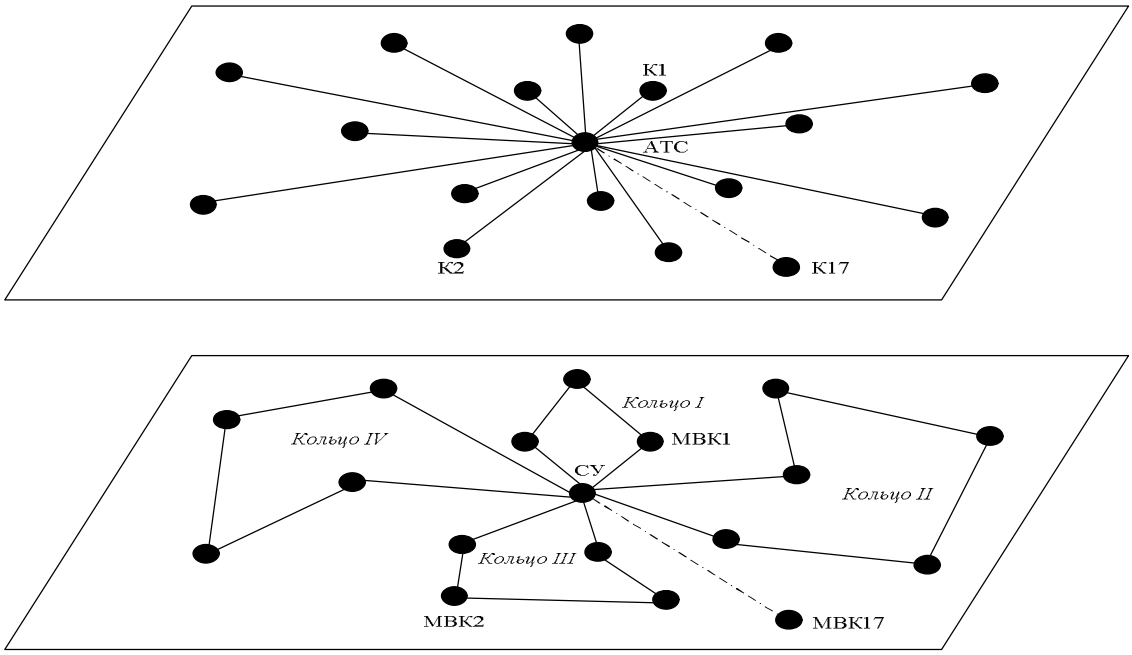


Рис. 5.21. Модель сети доступа с четырьмя кольцами для создания транспортных ресурсов

Между каждым концентратором (кроме семнадцатого) и АТС существуют два пути обмена информацией, которые независимы с точки зрения теории надежности. На рис. 5.22 эти пути обозначены буквами "a" и "b".

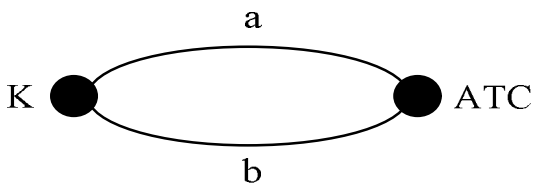


Рис. 5.22. Связь АТС с концентратором

Для первого концентратора, расположенного на одной площадке с МВК1, путь "a" не содержит транзитных участков в транспортной сети. Путь "b" проходит через два транзитных МВК. Для второго концентратора оба пути к АТС содержат транзитные МВК – один и два соответственно. Самая низкая надежность связи с АТС свойственна концентратору под семнадцатым номером.

5.5. Сети следующего поколения

Предпосылки перехода к NGN. Закономерность эволюции телекоммуникационных сетей объясняется теми процессами, которые начали менять облик инфокоммуникационной системы в начале XXI века.

Эти изменения указаны в последней строке табл. 5.2. Они характеризуют циклы, свойственные развитию телефонии.

Таблица 5.2

Цикличность в развитии системы телефонной связи

Существенные этапы эволюции телефонии	**Время**
Появление телефонной связи	80-е годы XIX в.
Автоматизация сетей телефонной связи	20-е годы XX в.
Использование программного управления	60-е годы XX в.
Смена технологий передачи и коммутации	Начало XXI в.

Сорокалетние циклы, приведенные в таблице, подобны "длинным волнам", открытие которых было сделано российским ученым Николаем Кондратьевым. Цикличность процессов радикальной модернизации системы телефонной связи свидетельствует, что смена технологий передачи и коммутации, заложенные в основу идеологии (NGN), будет определять характер развития инфокоммуникаций на длительный период времени.

Аббревиатура NGN чаще других сокращений используется в технической литературе для обозначения нового цикла развития электросвязи. Реже встречается аббревиатура NPN, подчеркивающая факт построения сети общего пользования. Иногда специалисты подчеркивают то обстоятельство, что в основе концепции NGN лежит IP протокол. Поэтому они используют аббревиатуру IP NGN.

Важная причина перехода к NGN – окончание жизненного цикла эксплуатируемых видов телекоммуникационного оборудования. Новое оборудование, отвечающее требованиям NGN, призвано сократить эксплуатационные расходы Оператора сети за счет процессов интеграции сетей. Оценки такого рода приведены в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Соотношение затрат в NGN

Виды затрат Оператора	**Сегодня**	**Изменение**	**Завтра**
Доля инвестиций	35 %	×1,25	43,75 %
Доля эксплуатационных расходов	65 %	×0,5	32,5 %
Совокупный объем затрат	100 %	–	76,25 %

Создание NGN меняет не только технологические принципы передачи и коммутации. Очень существенные изменения произойдут на рынке инфокоммуникационных услуг, в системе технической эксплуатации и не только.

NGN не поможет найти "killer application" (его поиски чем-то похожи на попытку изобретения вечного двигателя), но заметно повлияет на телекоммуникационную систему в целом.

Концепция NGN разрабатывается в течение нескольких лет, но пока не предложено внятное определение для "сети следующего поколения". Можно дать простую трактовку термина NGN, если воспользоваться определением сети, которая поддерживает обслуживание "Triple-play services": речь + данные + видео. Ее можно рассматривать как мультисервисную сеть, в которой предоставляются основные и дополнительные услуги для обмена тремя видами информации (речь, данные и видео). Тогда определение для NGN может быть сформулировано в более простой форме: сеть, способная обеспечить обслуживание вида "Triple-play services" за счет использования оборудования передачи и коммутации, которое основано на пакетных технологиях.

Модель NGN, отражающая принципы построения сети, может быть представлена структурой, которая показана на рис. 5.23. Одна из существенных особенностей NGN – разделение функций передачи IP пакетов и управления этим процессом. Передача информации, в которой заинтересованы пользователи, осуществляется коммутаторами пакетов (КП, Packet Switch – PS). Вторая функция возложена на устройства управления (УУ, Control Unit – CU), в качестве которых могут использоваться различные аппаратно-программные средства (например, Softswitch).

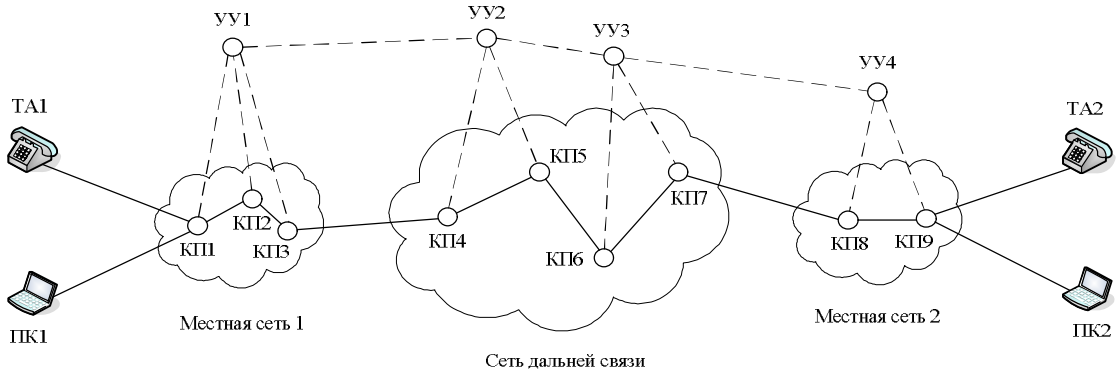


Рис. 5.23. Модель сети следующего поколения

Модель включает три компонента: междугородная сеть и две местные. Количество КП в каждом компоненте сети было выбрано произвольно. Это справедливо также в отношении численности УУ, которые необходимы для определения основных атрибутов соединения. Предполагается, что оба пользователя располагают терминалами двух типов. Телефонный аппарат (ТА) необходим для передачи речи. Персональный компьютер (ПК) обеспечивает обмен данными и получение видеоинформации.

Переход к IP технологиям передачи и коммутации требует изменения подхода к планированию сети. Эти изменения обусловлены рядом причин.

Из них целесообразно выделить два направления, которые будут подробно рассматриваться в десятой и в шестнадцатой лекциях соответственно:

- показатели качества обслуживания мультисервисного трафика;
- надежность инфокоммуникационной системы.

Концепция NGN не предусматривает построение новой телекоммуникационной сети. Сеть NGN должна быть создана в процессе эволюции существующей инфокоммуникационной системы. Использование в NGN пакетных технологий усложняет проблемы взаимодействия с ТФОП, которая основана на технологии "коммутация каналов".

Стандартизацией NGN занимаются несколько международных организаций. Определенный вклад вносят ITU и ETSI. Активно разрабатывает свои стандарты Международный консорциум пакетной связи – IPCC (International Packet Communication Consortium). Он стал преемником завершившей свою деятельность организации International Softswitch Consortium. На рис. 5.24 показана архитектура NGN, предложенная МСЭ в рекомендации Y.1001. Она содержит ряд новых элементов по сравнению с моделями, привычными для специалистов по телефонии.

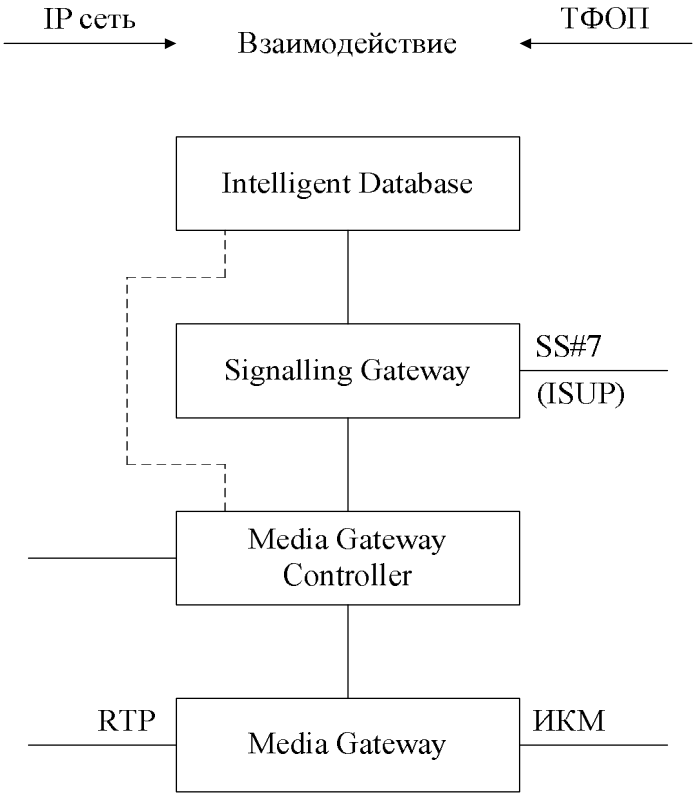


Рис. 5.24. Архитектура сети следующего поколения

Медиа-шлюз выполняет достаточно простые функции преобразования информационных потоков. Слева от медиа-шлюза показан поток RTP, который формируется при использовании транспортного

протокола реального времени (Real-Time Transport Protocol), а справа – поток, образованный системой передачи с импульсно-кодовой модуляцией (PCM – Pulse Code Modulation). Медиа-шлюз в крупной сети должен обладать большой производительностью.

Медиа-шлюз управляется соответствующим контроллером – MGC (Media Gateway Controller), который теперь более известен по названию Softswitch (вряд ли такая замена удачна; тем более, что новый термин – фирменное название продукта Lucent Technologies). Контроллеры могут быть связаны между собой. MGC взаимодействует также с интеллектуальной базой данных (Intelligent Database – ID).

Над контроллером MGC показан шлюз сигнализации (Signalling Gateway – SG). В сторону ТФОП (или сотовой сети) шлюз сигнализации передает и принимает информацию по сети общих каналов сигнализации (SS#7 – Signalling System #7). В российской сети SS#7 применяется подсистема пользователя интегральной сети – ISUP (Integrated Services Digital Network User Part).

Сопоставление коммутационной станции ТФОП и оборудования Softs-witch наводят на мысль, что эти аппаратно-программные средства идентичны с точки зрения выполняемых функций. Сходство, на самом деле, действительно есть, но можно выделить и ряд существенных различий. Рис. 5.25 иллюстрирует различия в архитектуре коммутационных станций ТФОП и Softswitch. Открытые протоколы и интерфейсы прикладного программирования (Applica-tion Programming Interface – API) – неотъемлемая особенность архитектуры Softswitch.

Для сети NGN определен ряд новых протоколов, часть из которых была разработана ранее. Целесообразно выделить пять следующих протоколов:

1. Протокол H.323. Рекомендация ITU H.323 была разработана для обеспечения установления соединения и передачи голосового и видео трафика по пакетным сетям, в частности Internet и intranet, которые не гарантируют качества обслуживания (QoS). Используется протокол RTP, разработанный IETF (инженерная группа по проблемам Internet), а также стандартные кодеки, отвечающие требованиям МСЭ, которые изложены в рекомендациях серии G. Протокол H.323 был первым в реализациях технологии IP-телефонии, но сейчас он начал уступать позиции разработанному IETF протоколу SIP (ини-

циирование сеансов связи), который оказался проще и лучше масштабировался.

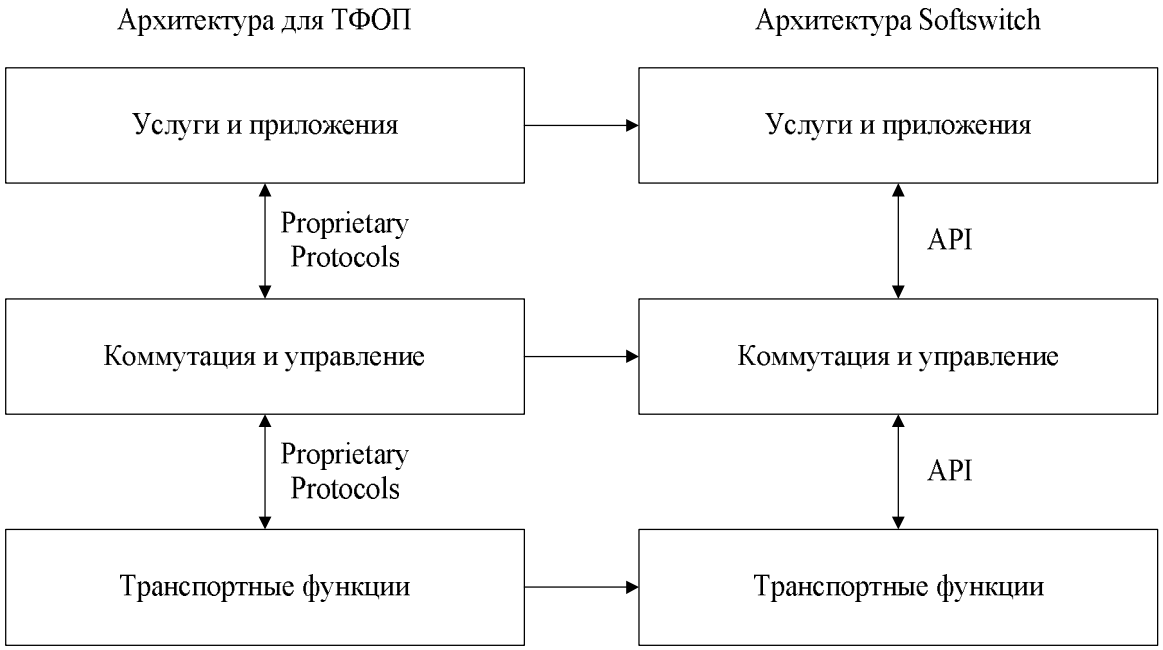


Рис. 5.25. Архитектура коммутационных станций ТФОП и Softswitch

2. Session Initiation Protocol (SIP). Это протокол прикладного уровня, с помощью которого осуществляются такие операции, как установление, изменение и завершение мультимедийных сессий или вызовов по IP-сети. В мультисервисных сетях SIP выполняет функции, аналогичные тем, которые реализованы в протоколе H.323. Сессии SIP могут включать мультимедийные конференции, дистанционное обучение, Internet-телефонию и другие подобные приложения. Сегодня SIP рассматривается многими участниками инфокоммуникационного рынка как международный стандарт.

3. Media Gateway Control Protocol (MGCP). Протокол MGCP используется для управления шлюзами MG. Он разработан для архитектуры, в которой вся логика обработки вызовов располагается вне шлюзов, и управление выполняется внешними устройствами, такими, как MGC или агенты вызовов. Модель вызовов MGCP рассматривает медиа-шлюзы как набор конечных точек, которые можно соединить друг с другом.

4. MEGACO/H.248. Этот протокол, по всей видимости, заменит MGCP в качестве стандарта для управления медиа-шлюзами.

MEGACO служит общей платформой для шлюзов, устройств управления многоточечными соединениями, а также устройств интерактивного голосового ответа. Модель соединений, используемая MEGACO, более проста, чем для протокола MGCP.

5. Протокол Signalling Transport (SIGTRAN). Это набор протоколов для передачи сигнальной информации по IP-сетям. Он используется как в обоих видах шлюзов, так и в Softswitch. SIGTRAN реализует функции протокола SCTP (Simple Control Transport Protocol) и уровней адаптации (Adaptation Layers). SCTP отвечает за надежную передачу сигнальной информации, осуществляет управление сигнальным трафиком, обеспечивает безопасность. В функции Adaptation Layers входит передача сигнальной информации от соответствующих сигнальных уровней, использующих услуги SCTP. Эти протоколы ответственны за сегментацию и пакетирование пользовательских данных, защиту от имитации законного пользователя, изменения смысла передаваемой информации и ряд других функций.

Основные особенности NGN. Если обобщить ряд точек зрения нескольких авторов работ по NGN, то можно предложить пять характерных особенностей этой сети:

- использование в транспортной сети пакетных технологий для передачи всех видов информации;
- применение систем коммутации с распределенной архитектурой, которые отличаются от традиционных (функционально ориентированных) телефонных станций;
- отделение функций, касающихся поддержки всех видов услуг, от коммутации и передачи;
- обеспечение возможности широкополосного доступа для любого пользователя;
- реализация функций эксплуатационного управления (в т. ч. Делегированных пользователям) за счет Web технологии.

Безусловно, существенная особенность NGN – ее способность объединить практически все эксплуатируемые телекоммуникационные сети. Эта возможность показана на рис. 5.26 как процесс интеграции сетей, поддерживающих услуги по обмену информацией в трех видах – речь, данные и видео.

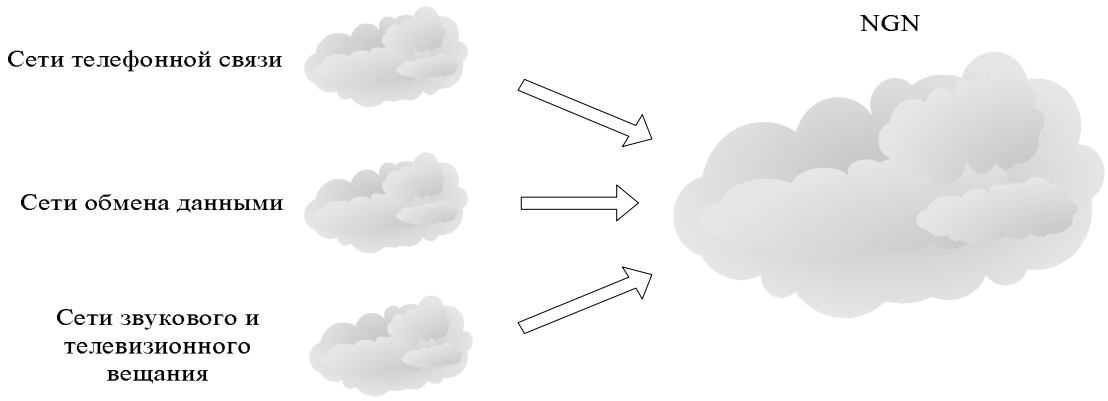


Рис. 5.26. Интеграция эксплуатируемых телекоммуникационных сетей

Переход к NGN рассматривается большинством эксплуатационных компаний как длительный процесс, основанный на постепенной замене оборудования, которое было предназначено для поддержки технологии "коммутация каналов". Обычно такие процессы представимы S – образными функциями. Она показана на рис. 5.27. Логистическая кривая, как и все S – образные функции, отражает три важных фазы развития системы: начальная (T_0, T_1), активное развитие (T_1, T_2) и насыщение (T_2, T_3).

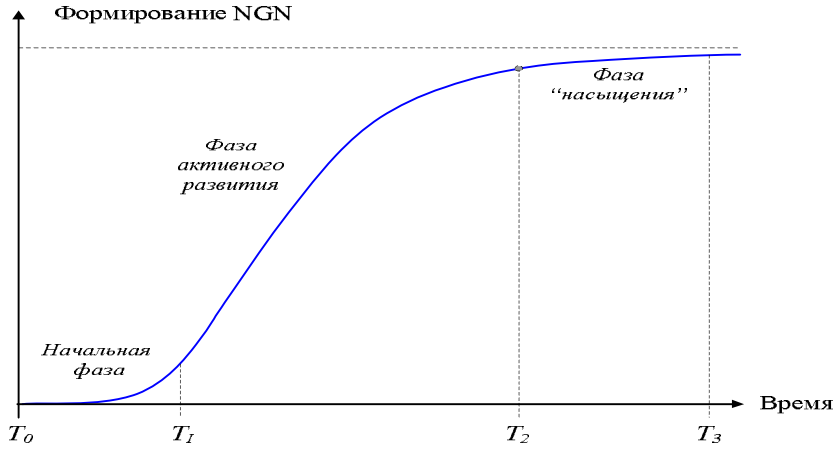


Рис. 5.27. Процесс формирования NGN

5.6. Принципы перехода к NGN

Большинство Операторов телекоммуникационных сетей приняли решение о создании – в первую очередь – транзитной (междугородной) IP сети, в которой будут поддерживаться все показатели QoS,

свойственные NGN. Пример такого решения приведен на рис. 5.28. На этом рисунке отмечены характерные точки, в которых осуществляется смена технологий коммутации.

При установлении соединения между ТА, включенными в две местные сети с коммутацией каналов, преобразование технологии осуществляется в точках A и B. Они расположены на границах IP сети. Для местных IP сетей, преобразование технологии выполняется в разных точках. Если абонент использует обычный ТА, то эта функция выполняется в точках C и D. Для IP телефона (IP-ТА) эти точки (E и F) будут расположены в терминале. При международной связи могут устанавливаться соединения с сетями, использующими два вида технологии коммутации – каналов и пакетов.

В первом случае смена технологий коммутации осуществляется в точке G.

Во втором случае граница IP домена располагается в национальной сети другой страны.

Такой подход совпадает с идеей реализации сетей IP-телефонии. Известно, что технология IP позволяет экономить транспортные ресурсы за счет лучшего использования канальных ресурсов. В этих сетях стоимость транспортных ресурсов заметно превышает затраты на оборудование коммутации. В городских сетях эти виды затрат практически идентичны.

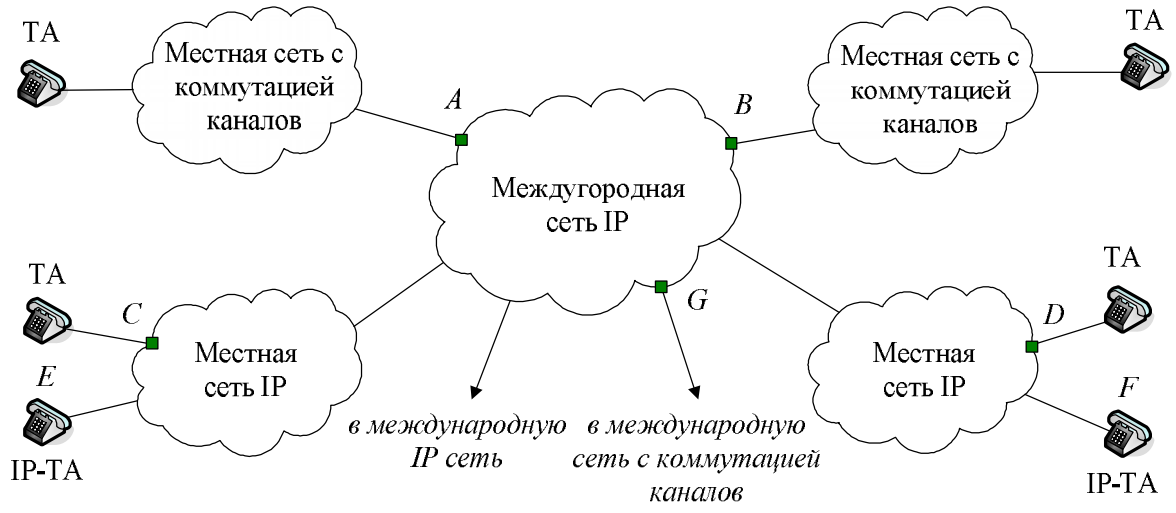


Рис. 5.28. Точки смены технологий коммутации при формировании NGN

Существуют и другие сценарии построения NGN. Тем не менее, для любого из возможных сценариев превентивное построение IP сети для передачи трафика дальней связи представляется оптимальным решением.

5.7. Цифровые сети интегрального обслуживания

Появление и быстрое развитие цифровых сетей интегрального обслуживания (ЦСИО) обусловлено следующими факторами.

1. Рост объемов информации, передаваемой по сетям связи (объем информации пропорционален квадрату промышленного потенциала). Причем увеличивается разнообразие видов информации (речь, данные, графика, файлы, видео и т. п.). Кроме того, требуется работа в режиме диалога. До недавнего времени эта проблема решалась созданием отдельных сетей как по видам информации: речь – телефонная сеть; телеграфные сообщения телеграфная сеть; данные–сеть передачи данных; видеоинформация–сети телевидения, так и по предоставляемым услугам: необходимость диалога–сеть АТ, интерактивный режим–сеть ОП, вычислительные ресурсы – ИВС (информационно-вычислительная сеть).

Естественно, что подобное количественное решение проблемы экономически не эффективно.

2. Существенные преимущества цифровых (дискретных) методов передачи и коммутации, в т. ч.:

- простота реализации методов приема, близких к оптимальным;
- простота реализации алгоритмов повышения верности, причем, практически на любую заданную величину;
- возможность широкого использования высоконадежной элементной базы–интегральных микросхем (ИМС);
- возможность естественного внедрения ЭВМ в процессы передачи и коммутации;
- достижения в области техники многоканальных систем, техники передачи данных и вычислительной техники.

В общем случае *понятие интеграции* рассматривается на различных уровнях.

I уровень интеграции – постепенное слияние каналообразующей и коммутационной аппаратуры, т. е. при построении этой аппаратуры используются:

- единые принципы функционирования (временное разделение сигналов);

- единая элементная база – ИМС средней и большой степени интеграции вплоть до СБИС (сверхбольшие интегральные схемы), например, однокристальные ЭВМ;

-единые устройства управления – специализированные ЭВМ;

- единые принципы эксплуатации и обслуживания с широким применением встроенных систем самоконтроля и диагностики.

В настоящее время этот уровень интеграции во многом достигнут (особенно за рубежом). Широко используются системы передачи типа ИКМ, а также коммутационная аппаратура на принципах временной коммутации.

II уровень интеграции–создание цифровых сетей связи, обеспечивающих передачу различного вида сообщений (речь, данные) в единой дискретной (цифровой) форме. Действительно, широко используемые для ПД каналы ТЧ не допускают передачу сигналов в дискретном виде (не согласован спектр). Поэтому дискретные сигналы сначала преобразуются в аналоговые, их спектр смещается в требуемую область частот, аналоговые сигналы передаются по каналам ТЧ, а затем опять из аналоговой формы переводятся в дискретную. Эти функции выполняет модем. Переход к цифровым (дискретным) каналам существенно упрощает аппаратуру передачи данных (АПД).

III уровень интеграции – создание единой цифровой сети с интеграцией обслуживания, которая обеспечивает не только передачу любых видов сообщений, но и предоставляет широкий круг услуг: диалог, документальность, передачу и прием графической информации, вычислительные ресурсы и т. п.

Исходя из тенденций развития средств вычислительной техники и техники связи, а также эволюции элементной базы.

ЦСИО прошли ряд *последовательных этапов развития.*

Этап 0. Существуют отдельные сети как для различных видов сообщений (речь, данные, графическая информация), так и для различных услуг (диалог, документальность и т. д.).

Этап 1. Характеризуется переходом к цифровым методам передачи и коммутации, для чего традиционная аналоговая телефонная сеть постепенно преобразуется в *интегральную цифровую сеть* IDN (Integrated Digital Network) с широким спектром разнообразных услуг

и возможностью передавать речь и данные в единой цифровой форме. Наряду с этим продолжают развиваться сети ПД и ИВС.

Этап 2. Создается собственно *цифровая сеть интегрального обслуживания* ISDN (Integrated Services Digital Network) путем постепенного объединения интегральной цифровой сети (IDN) с сетями ПД и ИВС. В качестве физической среды используются цифровые телефонные каналы. Обособленно остаются сети передачи видеоинформации.

Этап 3. Создается *широкополосная сеть интегрального обслуживания* BSN (Broadband Services Network). Данная сеть обеспечивает пользователей широкополосными цифровыми каналами как для их вторичного уплотнения речью, данными, факсимильной информацией, так и для передачи телевизионных программ, высокоскоростной передачи файлов, организации видеоконференций и т. п.

За рубежом реализация ЦСИО находится в конце 2-го – в начале 3-го этапов. Наша страна пока еще осваивает 1-й этап, ведутся НИР и ОКР для реализации

2-го этапа.

Согласно определению МСЭ-Т под ЦСИО понимается такая сеть связи, в которой одни и те же устройства цифровой коммутации и цифровые тракты передачи используются для установления соединений более чем одного вида связи, например телефонии, передачи данных и др.

Архитектура ЦСИО базируется на семиуровневой эталонной модели ВОС (OSI). Однако совмещение различных способов доставки сообщений порождает некоторые особенности в архитектуре ЦСИО. Поэтому 2-й уровень в архитектуре ЦСИО разбит на два подуровня:1) уровень совмещения и 2)собственно канальный.

Основной функцией уровня совмещения является создание кадров со специальной меткой, указывающей на технологию транспортировки. По этой метке выбираются соответствующие протоколы управления на более высоких уровнях. Кроме того, на этом подуровне выполняются: мультиплексирование, цикловая синхронизация, формирование ИКМ-кадров, сегментирование интерфейсных кадров канального уровня, управление мультиплексированием.

5.7.1. Структура ЦСИО

Структура ЦСИО определяется как расположением пользователей, так и разделением информационно-вычислительных и связных ресурсов. Структура ЦСИО разделяется на магистральную (базовую) и абонентскую (терминальную) (рис. 5.29).

Терминальная сеть включает в себя терминалы Т, абонентские пункты АП, концентраторы К и, в основном, цифровые каналы связи. Терминалы и АП, имеющие стандартный цифровой выход на 64 кбит/с могут непосредственно подключаться к УК.

Магистральная (базовая) сеть включает УК, цифровые каналы, систему управления сетью и вычислительные ресурсы (ВК – вычислительные комплексы, БД – банки данных и т. п.).

Топология магистральной сети может быть самой различной – звездообразной, кольцевой, распределенной и т. д. В последнее время по мере развития ЦСИО и увеличения ее размеров, структуру делают иерархической, что экономичнее и сокращает число переприемов.

Основу технической базы ЦСИО составляют многоканальные системы передачи, обеспечивающие передачу всех типов сообщений в единой цифровой форме.

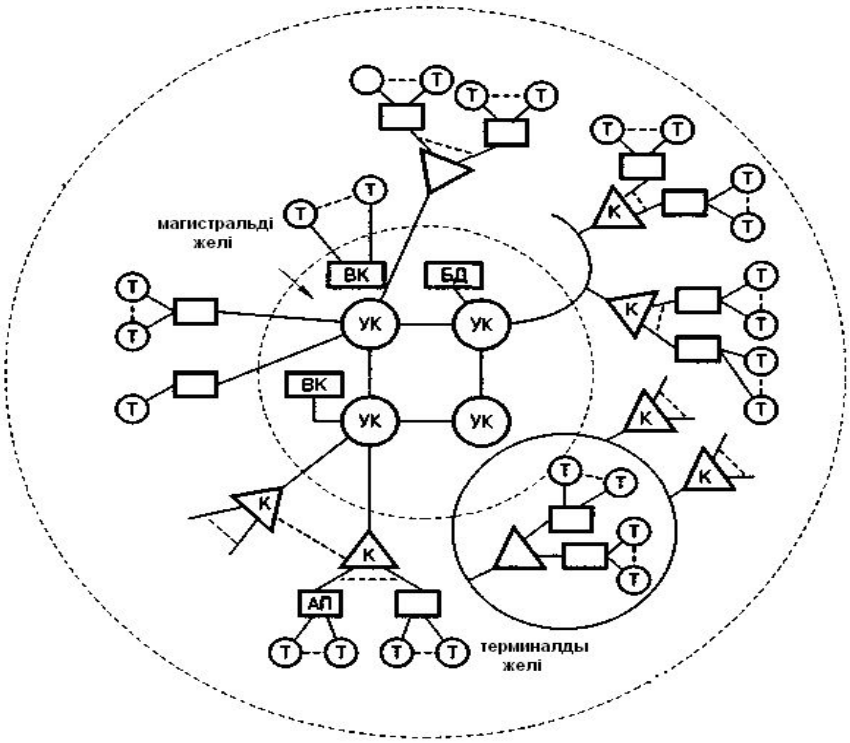


Рис. 5.29. Структура ЦСИО

Узлы коммутации ЦСИО оказываются сложнее, чем УК с КК или с КП, поскольку в ЦСИО узлы должны обеспечивать гибридную или адаптивную коммутацию. УК выполняются с широким использованием средств вычислительной техники. На УК ЦСИО реализуются первые 4 уровня модели ВОС (1, 2.1, 2.2, 3 и 4).

5.7.2. Интеллектуальные сети

Разработка технологии интеллектуальных сетей началась в 1990 г., а первые рекомендации МСЭ-Т, касающиеся ИС, утверждены в 1992 г. (рекомендации Q.1201-Q.1203). Основная цель ИС заключается в быстром, эффективном и экономичном предоставлении информационных услуг массовому пользователю.

Согласно рекомендации МСЭ-Т 1.211, 1.212 вся совокупность услуг, предоставляемых ИС, делится на две группы: 1) основные виды услуг и 2) дополнительные виды обслуживания (ДВО).

Основные услуги связаны с процессами установления соединений (при КК), тарификации, организации виртуальных соединений (при КП), передачи пакетов между элементами сети.

Основные услуги, как правило, *редко изменяются* и реализуются сетью при обслуживании каждого вызова.

ДВО весьма разнообразны, например:

универсальный номер доступа (УНД);

персональный номер (ПН);

«зеленый телефон» (ЗТ).

ИС строятся на основе новой концепции, состоящей в том, что *функции предоставления ДВО отделяются от основных услуг.* В традиционных цифровых сетях эти функции неразрывно связаны.

Рассмотрим сущность упомянутых ДВО.

Услуга УНД предоставляет возможность по единому номеру организации установить связь с нужным абонентом этой организации. Для реализации этой услуги ИС запрашивает вызывающего абонента о требуемом подразделении, предлагает дополнительно набрать определенное число знаков номера и адресует вызов на свободный терминал (телефон). Вся необходимая для ДВО информация содержится в сетевых базах данных в виде «интеллектуальной надстройки» коммутируемой сети (в данном случае, телефонной).

Услуга ПН аналогична той, которой пользуются абоненты сетей подвижной связи. Абонент для получения этой услуги регистрируется в ИС и получает *логический номер,* по которому его можно отыскать независимо от того, где он находится. Абонент, находясь в другом населенном пункте страны или мира, сообщает ИС номер телефона, куда нужно переадресовать все входящие вызовы.

Услуга ЗТ, относящаяся к «службе 800», обеспечивает возможность оплаты за разговор вызываемым абонентом. На рис. 5.30 представлена структура ИС, которая построена по иерархическому принципу и содержит четыре уровня.

На первом (верхнем) уровне ИС расположена подсистема административного управления ПАУ сетевыми ресурсами (Network Capabilities Manager – NCM).

На втором уровне находится сетевая информационная база данных – СИБД (Network Information Database – DIN).

На третьем уровне функционируют интерпретаторы видов услуг – ИВУ (Service Logic Interpreter – SLI).

На четвертом (нижнем) уровне находится пункт коммутации услуги ПКУ (Service Switching Point – SSP).

Рассмотрим функции уровней ИС.

1. Функциями ПАУ являются:

- предоставление технических средств эксплуатации и технического обслуживания ИВУ;

- коммерческое управление, т. е. предоставление абонентам возможности пользоваться данными одной или нескольких служб.

2. СИБД может вести обмен с внешними базами данных (ВБД) через сеть коммутации пакетов по протоколу X.25 или по протоколу системы сигнализации

№ 7 МСЭ-Т. Эта подсистема обеспечивает управление ресурсами сети для предоставления ДВО, интерпретацию вида ДВО.

В СИБД хранятся данные о номерах абонентов, категориях обслуживания, адресах, маршрутах и программы реализации услуг-ПРУ (SLP).

Каждой услуге соответствует своя ПРУ, которая составляется из модулей услуг. Конкретная ПРУ определяет тип и последовательность действий для реализации какой-либо услуги.

Основная функция ИВУ – контроль реализации протокола услуги, при этом необходим обмен с БД соответствующей службы.

ПКУ распознает запросы на предоставление ДВО по коду, набираемому пользователем, и формирует заявки на ИВУ. Средства ПКУ являются ведомыми по отношению к ИВУ.

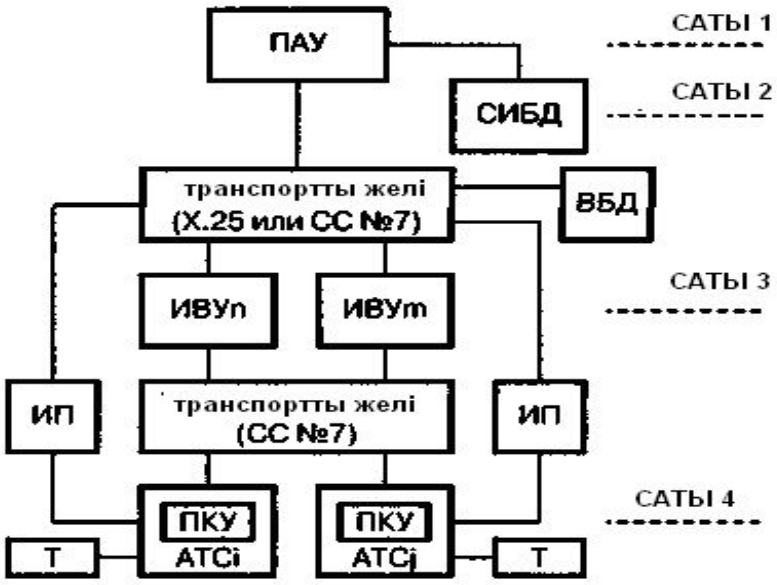


Рис. 5.30. Структура интеллектуальной сети

Обмен между ПАУ и ИВУ, а также между ПКУ и ИВУ реализуется посредством транспортных сетей по протоколам X.25 или СС № 7.

ГЛАВА 6. БАЗОВЫЕ СЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ЦИФРОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ И КОРПОРАТИВНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ

6.1. Технологии передачи для транспортных сетей

В транспортных сетях используется иерархия скоростей передачи в соответствии с международными рекомендациями ITU-T. Технология ПЦИ/PDH поддерживает следующие уровни иерархии цифровых каналов: абонентский или основной канал E0 (64 кбит/с) и пользовательские каналы уровней E1 (2,048 Мбит/с), E2 (8,448 Мбит/с), E3 (34,368 Мбит/с), E4 (139,264 Мбит/с). Уровень цифрового канала E5 (564,992 Мбит/с) определен в рекомендациях ITU-T, но на практике его обычно не используют.

Современная цифровая первичная или транспортная сеть, как правило, строится на основе совокупности аппаратуры ПЦИ/PDH и СЦИ/SDH. Цифровые каналы транспортной сети с пропускной способностью от 64 до 140 Мбит/с создаются на основе технологии ПЦИ/PDH, а каналы со скоростью передачи 2 Мбит/с и более создаются на основе технологии СЦИ/SDH.

Технологии ПЦИ/PDH и СЦИ/SDH взаимодействуют друг с другом через процедуры мультиплексирования и демультиплексирования цифровых потоков E1, E3 и E4 ПЦИ/PDH в аппаратуре СЦИ/SDH. В табл. 6.2. приведены общие характеристики ОЦК E0 и сетевых трактов E1, E2, E3 и E4 ПЦИ/PDH.

Таблица 6.2

Общие характеристики ОЦК и сетевых трактов ПЦИ/PDH

Уровень ПЦИ/PDH	**Номиналная скорость передачи, кбит/с**	**Пределы отклонения скорости, кбит/с, х 10^{-5}**
E0	64	± 5
E1	2048	± 5
E2	8448	± 3
E3	34368	± 2
E4	139264	± 1,5

В технологии ПЦИ/PDH используют принцип *плезиохронного* мультиплексирования, в соответствии с которым, например, четыре

потока E1 (2048 кбит/с) мультиплексируются в один E2 (8448 кбит/с) с выравниванием тактовых частот входных сигналов *(процедура стаффинга)*.

Поэтому для цифровых потоков высшего уровня иерархии требуется пошаговое мультиплексирование и демультиплексирование в соответствии с принятыми в технологии ПЦИ/PDH уровнями иерархии.

Основным отличием технологии СЦИ/SDH от ПЦИ/PDH является переход на новый принцип мультиплексирования. Технология СЦИ/SDH является базовой сетевой технологией и представляет собой современную концепцию построения цифровой первичной или транспортной сети.

Технология СЦИ/SDH по сравнению с ПЦИ/PDH имеет следующие особенности и преимущества:

- предусматривает синхронную передачу и мультиплексирование, что приводит к необходимости построения систем синхронизации сети;
- предусматривает прямое мультиплексирование и прямое демультиплексирование (ввод-вывод) цифровых потоков ПЦИ/PDH;
- основана на стандартных оптических и электрических интерфейсах, что обеспечивает совместимость аппаратуры различных производителей;
- позволяет объединить системы ПЦИ/PDH европейской и американской иерархии;
- обеспечивает полную совместимость с аппаратурой ПЦИ/PDH, ATM и IP;
- обеспечивает многоуровневое управление и самодиагностику транспортной сети.

Эти преимущества обусловили широкое применение СЦИ/SDH как современной базовой технологии построения цифровых первичных или транспортных сетей.

Технология ATM опирается на механизмы статистического мультиплексирования и подчиняется его законам. Разработчики технологии ATM стремились к компромиссу между механизмами мультиплексирования SyTDM и StTDM, стараясь взять все самое лучшее от обоих, в надежде обеспечить однородную структуру сетей связи.

Технологию ATM не удалось на аппаратном уровне довести до конкретного пользователя, поэтому потребовалась прослойка из протокола IP, приводящая к дополнительным непроизводительным за-

тратам на передачу сетевого трафика. Все эти факторы сдерживают развитие технологии ATM и, вполне возможно, приведут к ограниченному ее применению на телекоммуникационном рынке.

Технология IP является основой сети Интернет и представляет собой набор протоколов, называемый стеком протоколов TCP/IP, а протокол управления передачей IP–протоколом сети Интернет. Именно он реализует межсетевой обмен. Главным достоинством является то, что стек протоколов TCP/IP обеспечивает надежную связь между сетевым оборудованием различных производителей. Протоколы стека TCP/IP описывают формат сообщений и указывают, каким образом следует обрабатывать ошибки, предоставляют механизм передачи сообщений в сети независимо от типа применяемого оборудования.

Стек протоколов TCP/IP предоставляет пользователям две основные службы, которые используют прикладные программы: дейтаграммное средство доставки пакетов в сети и надежную транспортную среду с логическими соединениями между сетевыми элементами.

Основные преимущества стека протоколов TCP/IP и технологии IP в целом, как сетевой технологии:

- независимость от вида и технологии сетевого оборудования;
- обеспечение всеобщей связанности элементов сети;
- обеспечение подтверждений правильности передачи сообщений;
- стандартные сетевые протоколы.

В качестве альтернативы ATM и Frame Relay предлагается *технология POS* (Pasket over SDH), позволяющая осуществлять инкапсуляцию пакетов IP непосредственно в кадры СЦИ/SDH. Технология POS, как и DPT, уже вышла на мировой телекоммуникационный рынок. Одним из ее достоинств является снижение доли служебной информации в общем объеме кадра передаваемой информации. По сравнению с технологией ATM, для которой до 10% объема ячейки ATM занимает заголовок, служебные данные в кадре POS занимают всего 3 %.

6.2. Технологии передачи в сетях доступа

В сетях доступа наибольшее применение находят цифровые технологии ПЦИ/PDH, СЦИ/SDH и ATM, как универсальные сетевые

технологии, а также высокоскоростные технологии абонентских линий типа xDSL (Digital Subscriber Line). Применение технологий xDSL в сетях доступа основано на использовании в качестве последней мили существующих медных кабелей.

Технологии xDSL, разработанные для организации высокоскоростной цифровой связи по существующим медным кабельным линиям, показали, что уложенные в землю медные кабели – ценнейший капитал для построения сетей доступа. На рис. 6.1 показано изменение скорости передачи по КЛС во времени, начиная от азбуки Морзе (10 бит/с) и до современных технологий xDSL-VDSL (51 Мбит/с).

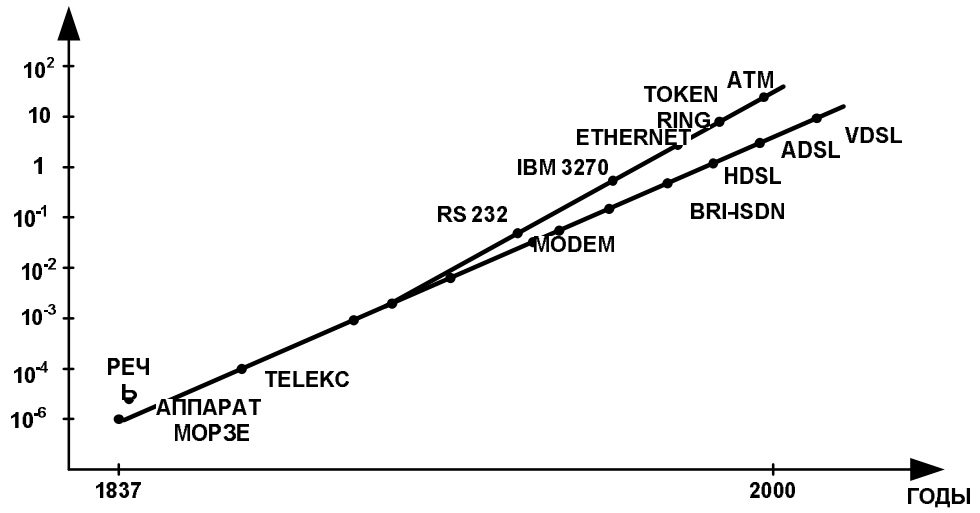


Рис. 6.1. Изменение скорости передачи по кабельным линиям

Технологии xDSL стали развиваться в связи с созданием устройств доступа BR (Basic Rate) ISDN (160 кбит/с). Они позволили достичь на медном кабеле скоростей передачи, ранее доступных лишь ЦСП ВОЛС. С их разработкой значительно изменилась идеология развития сетей связи, включая сети доступа. Последние три буквы обозначения DSL–это цифровая технология цифровых абонентских линий. Латинская буква «*x*» используется подобно «переменной» в алгебре. Чаще всего используются *пять* ее значений (A, RA, H, S и V), определяющих следующие технологии передачи информации по существующим АЛ:

1. ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Line) – асимметричная цифровая абонентская линия;

2. RADSL (Rate Adaptive Digital Subscriber Line) – цифровая або-

нентская линия с адаптивной скоростью;

3. HDSL (High Bit Rate Digital Subscriber Line) – цифровая абонентская линия с высокой скоростью передачи битов;

4. SDSL (Symmetrical Digital Subscriber Line) – симметричная цифровая абонентская линия;

5.VDSL (Very High Bit Rate Digital Subscriber Line) – цифровая абонентская линия с очень высокой скоростью передачи битов.

Считается, что основными технологиями будут ADSL и VDSL. Рассмотрим общую концепцию применения технологий xDSL с точки зрения выбора частотного диапазона. С учетом характеристик эксплуатируемых АЛ можно использовать весьма ограниченные ресурсы частотного диапазона, что требует достаточно сложных методов модуляции сигнала. Основными факторами, существенно ограничивающими полосу пропускания АЛ, являются: длина АЛ (затухание и сопротивление) и число жил в кабеле (взаимные влияния).

Технология HDSL обеспечивает полный дуплексный обмен на скорости передачи 2048 кбит/с, при этом могут использоваться две или три кабельные пары. Дальнейшим развитием технологии HDSL стало появление устройств симметричной высокоскоростной цифровой АЛ, работающих по одной паре – технологии SDSL. В последние годы разработаны также более высокоскоростные технологии xDSL, например, ADSL и VDSL. Технология асимметричной цифровой абонентской линии ADSL обеспечивает скорость передачи до 8 Мбит/с в направлении «от сети к абоненту» и до 1 Мбит/с в направлении «от абонента к сети» и обещает быть весьма перспективной для доступа к сети Интернет. Вместе с тем, ADSL вряд ли найдет широкое применение в телефонии, где, как правило, необходима симметричная дуплексная передача. Что касается технологии VDSL, то она еще находится в стадии разработки, хотя ряд производителей и предлагает оборудование с ее использованием.

6.3. Технология плезиохронной цифровой иерархии

Иерархия ПЦИ/PDH строится на основе основного цифрового канала (ОЦК 64 кбит/с), который обозначается E0. Поток E1 получается мультиплексированием 32 ОЦК в один канал первичной группы со скоростью передачи 2048 кбит/с. Каналы высших уровней иерар-

хии ПЦИ/PDH формируются по единой схеме: 4 потока Е1 мультиплексируются в поток Е2 со скоростью передачи 8448 кбит/с, 4 потока Е2 в Е3 с 34368 кбит/с, 4 потока Е3 в Е4 с 139264 кбит/с. В процессе мультиплексирования осуществляется выравнивание скоростей потоков методом подстановки служебных битов. В результате для выделения канала первичной группы Е1 из потоков высших уровней иерархии требуется *пошаговое мультиплексирование и демультиплексирование* (рис. 6.2).

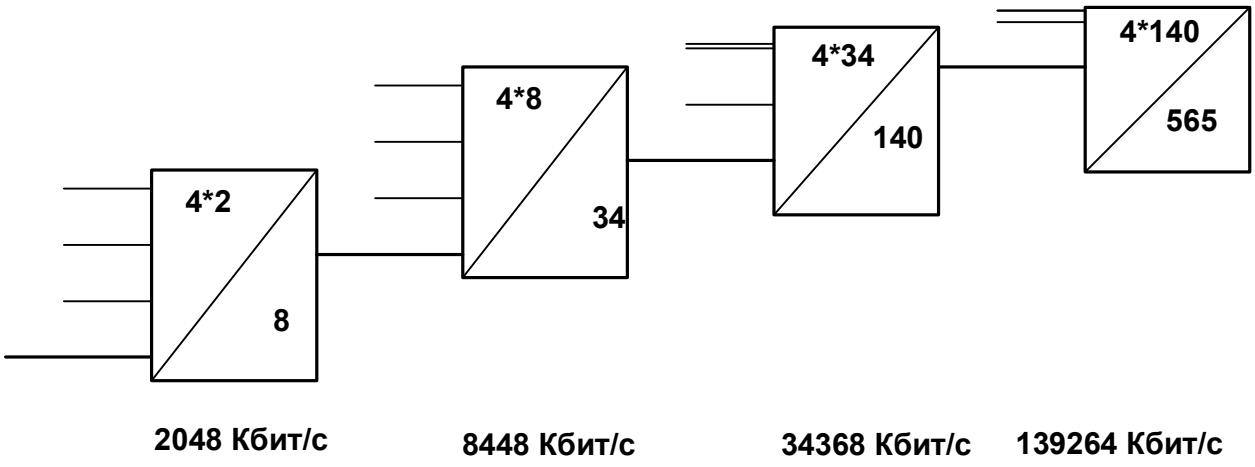


Рис. 6.2. Пошаговое мультиплексирование в ПЦИ/PDH

В ЦСП ПЦИ/PDH используются типы кодирования HDB3 и AMI, причем первый из них используется чаще; для передачи потока Е4 (140 Мбит/с) применяется линейное кодирование CMI. Кроме этого, указаны типы линейного кодирования, используемые в реальных ЦСП ПЦИ/PDH с электрическими и оптическими интерфейсами передачи для медных и оптических кабелей соответственно.

Для ЦСП ПЦИ/PDH существуют два типа физических интерфейсов – симметричный 120 Ом для применения на низких скоростях передачи, и коаксиальный (несимметричный) интерфейс 75 Ом, используемый для скоростей передачи 2048 кбит/с и выше. Параметры канального уровня ЦСП ПЦИ/PDH включают в себя цикловую структуру потока и процедуры мультиплексирования и демультиплексирования между различными уровнями иерархии. Основным отличием потока Е1 от других уровней иерархии ПЦИ/PDH является наличие в нем не только цикловой, но и сверхцикловой структуры.

6.4. Технология синхронной цифровой иерархии

Для стандартного телефонного канала период дискретизации равен 125 мкс. Под *кадром* понимают совокупность символов (бит информационного сигнала), переданных за время, равное периоду дискретизации. Так как для основного синхронного сигнала–синхронного транспортного модуля уровня STM-1 скорость передачи – 155,52 Мбит/с, то каждый кадр должен содержать 19440 бит. Особенностью технологии СЦИ/SDH является то, что основной единицей кадра служит не бит, а байт, поэтому в каждом кадре содержится 19440:8 =2430 байт. Другая особенность технологии СЦИ/SDH заключается в организации структуры кадра, который представляется как блок, состоящий из 9 строк и 270 столбцов (рис. 6.3), каждый столбец при этом имеет ширину в 1 байт. Кадр синхронного транспортного модуля уровня STM-1 как блок данных можно представить в виде некоторого контейнера стандартного размера, имеющего сопровождающую документацию – заголовок, где собраны все необходимые для управления маршрутизации контейнера поля-параметры, и внутреннюю емкость для размещения информационных символов, которые называют полезной нагрузкой.

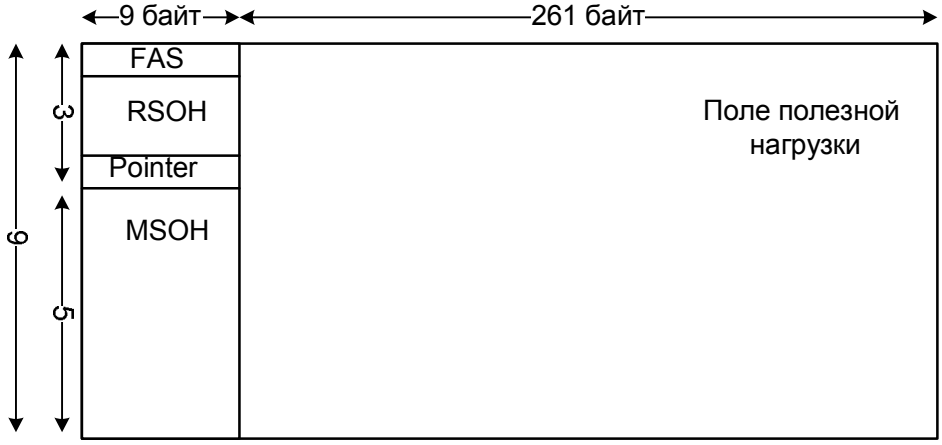


Рис. 6.3. Структура кадра синхронного транспортного модуля уровня STM-1

В кадре первые 9 байт содержат *сигнал синхронизации (выравнивания) кадра (или фрейма)* FAS (Frame Alignment Signal). Последующие 261 байт используются для передачи полезной нагрузки. Следующие 9 байтов представляются в виде первых 9 столбцов второй

строки и используются в качестве секции заголовка – *заголовок регенераторного участка* RSOH (Regenerator Section Overhead), а последующие 261 байт (261 столбцов) используются для полезной нагрузки и т. д. Таким образом формируется представление кадра синхронного транспортного модуля уровня STM-1 в виде матрицы размерностью 9x270 = 2430 байт, у которой первые 9 столбцов отведены под управляющую информацию – это *заголовок участка* SOH (Section Overhead) (состоит из сигнала выравнивания фрейма FAS (1x9 байт), *заголовок регенераторного участка* RSON (2x9 байт), *заголовок мультиплексорного участка* MSOH (Multiplexer Section Overhead) (5x9 байт) и *указатель* Pointer (1x9 байт), а последующие 261 столбец используются под полезную нагрузку.

Указатель (Pointer) расположен в начале четвертой строки между заголовками регенераторного RSOH и мультиплексорного MSOH участков и используется для указания начала полезной нагрузки. Как видно из рис. 6.4, действительное положение полезной нагрузки начинается не с первой строки (после сигнала синхронизации кадра FAS), а после указателя и с того места (адреса), которое задается указателем.

Нумерация емкости нагрузки в связи с этим начинается после указателя, т. е. с 10-го байта четвертой строки, а не с первой строки после FAS. Как следствие конец нумерации нагрузки заканчивается в конце третьей строки следующего кадра. Полезная нагрузка может смещаться в структуре кадра под действием непредвиденных временных флуктуаций, а указатель всегда содержит адрес начала полезной нагрузки.

6.5. Мультиплексирование цифровых потоков в СЦИ/SDH

Инкапсуляция сигнала нагрузки 140 Мбит/с. Структура кадра в технологии СЦИ формируется с помощью метода *инкапсуляции,* т. е. *последовательных вложений.* Для этого используют понятие *контейнера.*

В него упаковываются цифровые сигналы входных каналов, скорость передачи которых соответствует скорости стандартного ряда ПЦИ/PDH, начиная от канала E1 и выше. Такие входные сигналы будем называть *сигналами нагрузки* ПЦИ/PDH. Аналогично входные

сигналы, скорость передачи которых соответствует скоростям СЦИ/SDH, будем называть *сигналами нагрузки* СЦИ/SDH .

По типоразмеру контейнеры делятся на четыре уровня, соответствующие уровням иерархии ПЦИ/PDH. К каждому контейнеру крепится ярлык, содержащий управляющую информацию для сбора статистики прохождения контейнера. Контейнер с таким ярлыком используется для переноса информации и является *логическим,* а не физическим объектом, поэтому его называют *виртуальным.*

Рассмотрим формирование самого большого виртуального контейнера, предназначенного для размещения цифрового потока (сигнала) нагрузки E4, имеющего скорость передачи 140 Мбит/с. На рис. 6.4 показана схема размещения потока E4 в синхронном транспортном модуле STM-1.

Сигнал нагрузки (140 Мбит/с) на интервале времени дискретизации 125 мкс имеет 17408 бит полезной информации. Он размещается в контейнере размером 9x260 байт (18720 бит), который назван C-4. К контейнеру добавляется заголовок тракта POH , представляющий собой один столбец (шириной 1 байт).

В результате формируется виртуальный контейнер VC-4, который размещается в транспортном модуле (кадре) с помощью указателя. Размещение полезной нагрузки в кадре STM-1 задается указателем. Виртуальный контейнер вместе с указателем называют *административным модулем* AU-4 (Administrative Unit). При размещении виртуального контейнера VC-4 указатель (Pointer) называют AU-4 *Pointer.* Указатель задает адрес начала полезной нагрузки, т. е. в рассматриваемом случае – начало виртуального контейнера.

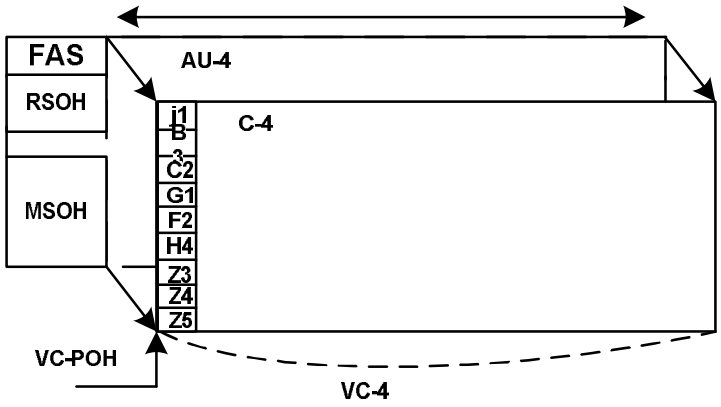


Рис. 6.4. Размещение потока нагрузки 140 Мбит/с в модуле STM-1

Байты заголовка тракта POH виртуального контейнера VC-4 имеют следующие назначения:

J1 – используется в точке назначения контейнера VC-4 для подтверждения установления связи с передатчиком;

B3 – байт проверки четности;

C2 – указатель загрузки контейнера и типа полезной нагрузки;

G1 – состояние тракта дает информацию обратной связи от терминальной к исходной точке формирования тракта;

F2 может быть задействован пользователем данного тракта для организации канала связи;

H4 – обобщенный индикатор положения нагрузки используется при организации *мультикадра,* в т. ч. для указания восстановления первого байта мультикадрового TU.

Инкапсуляция сигнала нагрузки 2 Мбит/с. В сетях СЦИ/SDH в Европе и Казахстане характерным является поток нагрузки E1 со скоростью передачи 2 Мбит/с. Рассмотрим процесс инкапсуляции таких сигналов. На интервале 125 мкс сигнал нагрузки E1 имеет 256 бит (32 байта) информации и размещается в контейнере размером 34 байта, получившим название C-12. Заметим, что размер контейнера всегда несколько больше полезной нагрузки. Это необходимо для реализации принципа «динамического плавания» полезной нагрузки внутри контейнера. Контейнер C-12 имеет наименьший. К контейнеру C-12 добавляется заголовок тракта VC-12 POH длиной в один байт, обозначаемый V5, с указанием маршрутной информации, используемой в основном для сбора статистики прохождения контейнера. В результате формируется виртуальный контейнер VC-12 размером 35 байт.

Далее, в соответствии с принципом инкапсулирования, необходимо несколько виртуальных контейнеров вложить в большие контейнеры. В нашем рассмотрении ограничимся наибольшим контейнером C-4 и рассмотрим процедуру вложения в него виртуальных контейнеров VC-12.

Добавление указателя *TU-12 PTR* длиной в один байт к виртуальному контейнеру VC-12 превращает его в модуль нагрузки TU-12 длиной 36 байтов. Логически это удобнее представить в виде двумерной таблицы или кадра размером 9x4 байтов, с учетом того, что транспортный модуль STM-1 также представляется в виде кадра

9х270 байтов с 9 строками и 270 столбцами. Модуль нагрузки можно рассматривать как некоторый «внутренний сигнал» заданного размера (сигнал нагрузки). В транспортном модуле STM-1 формируется несколько таких сигналов нагрузки, которые подвергаются специальной обработке — мультиплексированию с чередованием байт (рис. 6.5).

Нетрудно оценить, что в контейнере VC-4 размером 260х9 = 2340 байт теоретически можно разместить 65 модулей нагрузки TU-12 (65х36 = 2340 байт). Однако практически в транспортном модуле STM-1 размещают 63 модуля нагрузки TU-12 (63х36 = 2268 байт), а 72 байта резервируют для вспомогательных целей.

Размещаемые в контейнере VC-4 модули нагрузки компонуют в определенные группы, которые называют *группы модулей нагрузки* TUG (Tributary Unit Group). Сначала из каждых трех модулей нагрузки TU-12 в результате мультиплексирования с чередованием байт формируется группа нагрузочных модулей TUG-2. Всего можно сформировать 21 группу нагрузочных модулей TUG-2. Далее из каждых 7 групп нагрузочных модулей TUG-2 в результате аналогичного мультиплексирования с чередованием байт формируется 3 группы нагрузочных модулей TUG-3, к каждой из которых добавляется 2 столбца (29 байтов), состоящие из поля индикации нулевого указателя NPI (Null Pointer Indicator) и пустых байтов. Нулевой указатель NPI означает отсутствие контейнеров VC-3. В результате последнего побайтного мультиплексирования групп нагрузочных модулей TTJG-3 и добавления к ним двух столбцов пустых байтов получаем контейнер С-4. Далее стандартным образом к контейнеру С-4 добавляется заголовок тракта РОН и получается виртуальный контейнер VC-4.

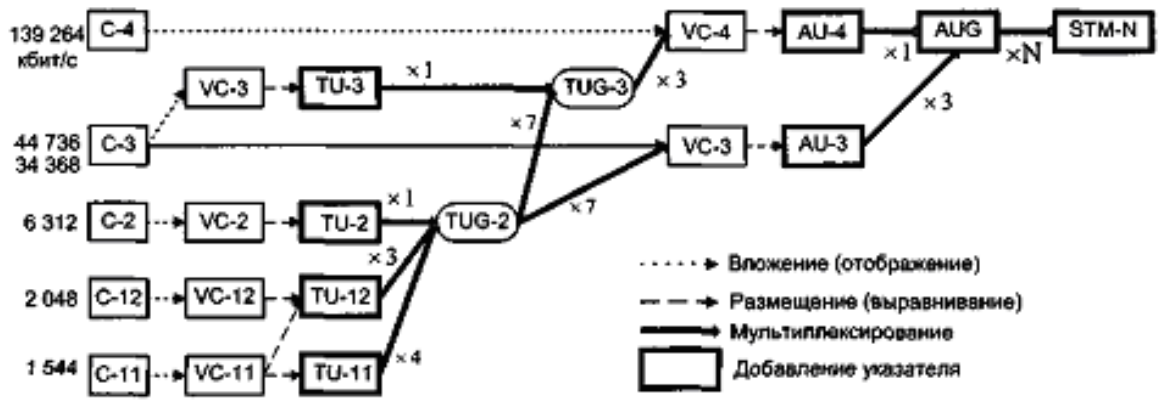


Рис. 6.5. Общая схема мультиплексирования в СЦИ/SDH

Формирование групп нагрузочных модулей – это не что иное, как применение операции мультиплексирования с чередованием байт. В рассматриваемом примере в контейнере С-4 размещались одинаковые сигналы нагрузки 2 Мбит/с. В общем случае можно разместить различные сигналы полезной нагрузки.

Описанный режим отображений информации нагрузочных модулей на поле полезной нагрузки предполагает, что положение полезной нагрузки VC-4 определяется стандартным образом с помощью указателя AU-4 Pointer. Это делает ненужным использование указателей нагрузочных модулей TU-12 PTR.

Достоинство такого режима – более простая структура TU-n или TUG, допускающая более эффективную последующую обработку. Недостаток очевиден – исключается любая несинхронность при транспортировке контейнера.

Мультикадры. Ранее было показано, что нагрузочный модуль TU-12 содержит 36 байт, один из которых отведен под указатель. Однако одного байта для нормального функционирования указателя недостаточно (так, в указателе AU-4 PTR под указатель отведено 6 байт). Поэтому для обеспечения плавающего режима формируется *мулътикадр,* состоящий из нескольких кадров, в пределах которого мог бы плавать контейнер нижнего уровня (С-12). Для контейнеров VC-12 *мультикадр* формируется из четырех последовательных кадров VC-12 (рис. 6.5, *а*) и имеет размер 35х4 = 140 байт; период повторения 500 мкс.

При создании мультикадра допускается три варианта отображения сигналов нагрузки на его структуру: *асинхронное, бит-синхронное, байт-синхронное.* Бит-синхронное отображение применяется для сигнала нагрузки, не имеющего байтовой структуры, и не рекомендуется для международных соединений [21].

У мультикадрового нагрузочного модуля под указатель имеется уже 4 байта V1-V4, их использование аналогично тому, какое было для указателя AU-4 PTR. Байты VI, V2 указывают положение начального байта мультикадра VC-12 (рис. 6.6).



Рис. 6.6. Структура байтов VI и V2

Буквами N обозначены биты флага новых данных. Как и в нормальном состоянии устанавливается NNNN = 01 10, а когда новые данные появляются, устанавливается NNNN = 001. Символы SS идентифицируют тип нагрузки; для VC-12 имеем S S = 1 0.

Под значение указателя отведено 10 бит, из них 2 бита расположены в конце байта VI, а остальные 8 – в байте V2. Буквами I и D биты значения указателя разделены на две группы для идентификации факта наличия или отсутствия процедуры выравнивания.

Расположение адресов начала полезной нагрузки (мультикадра VC-12, а точнее его заголовка POH) начинается после значения указателя, т. е. после байта V2. Байт V3 и следующий за ним байт используются для выравнивания скорости. Выравнивание осуществляется по отношению к первому кадру и может быть как положительным, при котором кадры сдвигаются от V3 к V4, для чего используется следующий за V3 байт, так и отрицательным (от V4 к V3), для чего используется поле указателя V3. Байт V4 – резервный.

6.6. Технологии сети Интернет

Широкомасштабное применение IP-технологий – одно из главных стратегических решений при построении современной корпоративной сети. Популярность IP-технологии, помимо субъективных, объясняется многими ее объективными достоинствами. Прежде всего, это простота и ясность принципов, положенных в ее основу. Одним из таких принципов является открытость, выражающаяся в свободном обсуждении, исследовании и тестировании протоколов стека протоколов TCP/IP, также в доступности соответствующих стандартов и спецификаций широкому кругу специалистов и простых пользователей. Открытость также подразумевает легкость интеграции в IP-сеть сетей других технологий. Именно IP-протокол в сети Интернет играет роль универсального интегрирующего средства, позволяющего объединить в единую глобальную сеть множество сетей самых разнообразных технологий. В корпоративной сети технология IP необходима для объединения отдельных локальных сетей предприятия через Интернет и другие глобальные сети.

Очень важным достоинством IP-технологии, необходимым для построения всемирной глобальной сети, является масштабируемость.

Стек протоколов TCP/IP отличается хорошо продуманными решениями, позволяющими за счет многоуровневого иерархического подхода наращивать сеть в очень больших пределах. Кроме многоуровневого подхода, масштабируемость стека протоколов TCP/IP обеспечивается также отказом от массового применения широковещания как удобного средства выполнения многих задач, например, поиска ресурсов в сети. И наконец, отработанность и отлаженность IP-технологии является еще одним (часто решающим) соображением, принимаемым во внимание при построении транспортной основы для корпоративной сети.

Для предоставления гарантированных сервисов технология IP должна быть существенно модернизирована. Необходимо придать ей большую «интеллектуальность», чтобы сетевые устройства, работающие на ее основе, смогли дифференцировать трафик и предоставлять различные уровни сервиса для различных пользователей и приложений.

Особое место в IP-сетях занимают сегодня приложения IP-телефонии. Желание обеспечивать телефонный сервис через Интернет представляет собой главную движущую силу сближения обычной телефонии и Интернет. Несмотря на коренное отличие принципов, положенных в основу телефонных и IP-сетей, достаточно качественная передача голоса в IP-сетях при значительной недогруженности сети возможна.

В настоящее время Gigabit Ethernet (GE) прочно вошел в перечень базовых сетевых технологий для современных цифровых сетей. Технология GE прошла этап первичной стандартизации и представлена на рынке новейшей аппаратурой – маршрутизаторами/ коммутаторами GE, выпускаемыми ведущими производителями ДСП, и уже находит применение при построении современных высокоскоростных сетей передачи данных.

Интерфейс маршрутизаторов/коммутаторов GE 1000Base-X основывается на стандарте физического уровня Fibre Channel (FC) – технологии взаимодействия рабочих станций, суперкомпьютеров, устройств хранения и периферийных узлов, имеющей 4-уровневую архитектуру. Два нижних уровня FC-0 (интерфейсы и среда) и FC-1 (кодирование/декодирование) перенесены в GE, что значительно сократило время на разработку оригинального стандарта Gigabit

Ethernet. В модели ВОС/OSI стандарту GE соответствуют канальный и физический уровни.

Отметим лишь, что интерфейс 1000Base-X подразделяется на три физических интерфейса:

- 1000Base-SX – оптический интерфейс для многомодовых волокон и излучения с длиной волны 850 нм, мощностью –10...0 дБм, при чувствительности и насыщении чувствительности приемника – 17 и 0 дБм соответственно;

- 1000Base-LX – оптический интерфейс для одномодовых и многомодовых волокон и излучения с длиной волны 1300 нм, мощностью – 13,5...–3 дБм при чувствительности и насыщении приемника – 19 и –3 дБм соответственно;

- 1000Base-CX – электрический интерфейс для экранированной витой пары STP 5-й категории на короткие расстояния.

В настоящее время определены предварительные спецификации нового стандарта 10G Ethernet (10 Гбит/с).

На рис. 6.7 и 6.8 представлены способы применения аппаратуры GE и DWDM в корпоративных магистралях и оптических сетях.

Несмотря на то, что стандартизация оптического Интернета находится на начальном уровне, в последнее время его технология обсуждается как одна из наиболее перспективных для оптических сетей. Именно полностью оптические технологии позволяют перейти на качественно новый уровень построения сетей будущего со скоростями передачи от 1...2 Тбит/с и выше.

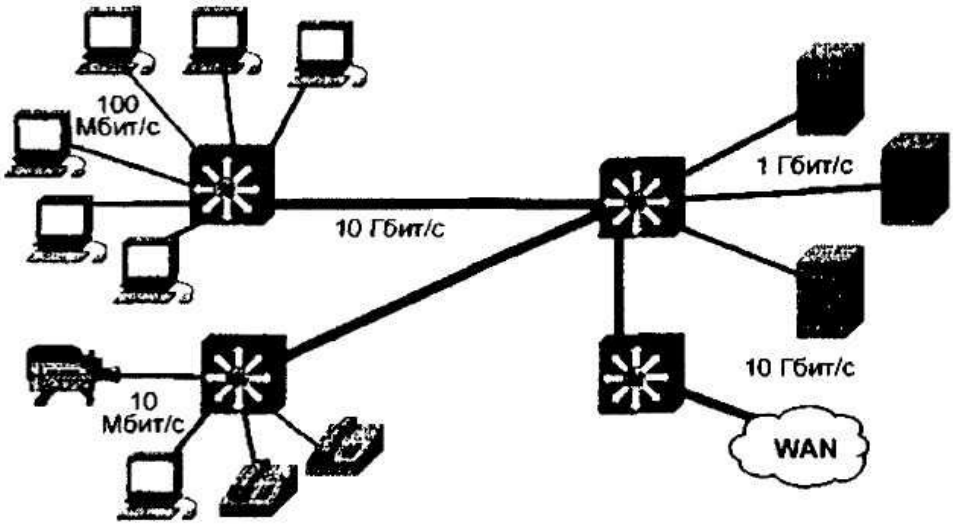


Рис. 6.7. Применение маршрутизаторов GE в корпоративных магистральных сетях

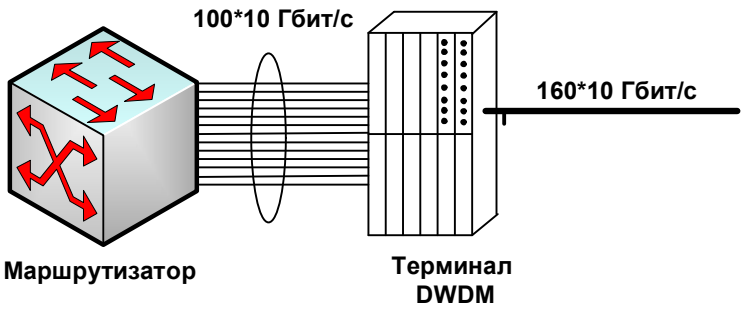


Рис. 6.8. Применение маршрутизаторов и аппаратуры DWDM в оптических сетях

Выбор оптимальной технологии для построения широкополосных мультисервисных сетей в настоящее время опирается на процессы интеграции и конвергенции сетевых технологий при создании современных сетей. Общей технологической основой конвергентных сетей являются универсальные среды, передающие цифровые потоки с любой мультимедийной информацией, и специальные транспортные протоколы, позволяющие их передавать с заданными скоростью и качеством. Необходимо четко осознавать, каким образом строить универсальную мультисервисную сеть для предоставления новых услуг, и какие требования к ней предъявлять. При построении сетей, следует иметь в виду, что новые услуги все чаще являются суперпозицией традиционных услуг телефонии, видео и передачи данных и соответственно требуют универсальных, приспособленных к таким услугам сетей.

Универсальность сети заключается, прежде всего, в том, на что такая сеть должна быть способна:

- быть адаптированной для всех необходимых протоколов и передачи всех типов информационных потоков;
- поддерживать необходимый уровень качества передачи информационных потоков с возможностью контроля и гарантий этого качества от абонента до точки предоставления услуги;
- удовлетворять всем требованиям безопасности при пользовании услугами данного типа.

Таким образом, современная сеть должна строиться с учетом обеспечения необходимого качества передачи и безопасности информационных потоков, что требует, как правило, значительных инвестиций. При этом построенная таким образом сеть должна обладать

всеми необходимыми качествами для того, чтобы стать универсальной, и, соответственно, должны быть возможности для ее использования и для передачи альтернативных типов информационных потоков (голоса и видео). Опыт создания сетей показывает, что локальные сети строят преимущественно с использованием Ethernet, а глобальные, магистральные, несмотря на отдельные попытки использования протокола PPP (о них часто говорят как о чисто IP-сетях), к середине 90-х годов стали строить с использованием технологии Frame Relay. Позже к концу 90-х годов, с развитием технологии ATM повсеместно при создании сетей передачи данных перешли на технологию ATM.

Практически все новые магистральные мультисервисные и IP сети, создаваемые сейчас, также используют технологию ATM на транспортном уровне. Технология ATM является идеальной средой для мультисервисных сетей, поскольку она изначально создавалась как технология, адаптированная в равной степени для передачи голоса, видео и данных, которые сегодня рассматриваются и используются соответственно как информационные потоки особо требовательные, менее требовательные и не очень требовательные к качеству передачи. В настоящее время ATM является технологией, на основе которой конвергируются и интегрируются сетевые технологии и которая позволяет создавать мультисервисные операторские сети. Она стандартизована и основана на протоколах, обеспечивающих установление соединения между пользователями сети, обладает встроенными средствами контроля качества, возможностью интеграции с традиционной телефонией, встроенными средствами защиты безопасности сети, поддержкой всех типов услуг и уровня качества.

Многие новые технологии, ориентированные на предоставление в первую очередь IP-услуг, основаны на технологии ATM. Одним из примеров является технология ADSL, для которой ATM выбрана в качестве единственного стандарта. А именно ATM в своем стандартном варианте требует значительных усилий по установке соединений между граничными устройствами доступа к магистральной сети.

Несколько лет назад сети ряда операторов достигли таких размеров, что вопрос их масштабирования встал довольно серьезно. Это и стало причиной начала работ по разработке протокола MPLS. Основной задачей была, прежде всего, разработка процедур автоматизации установления соединений в сети ATM в соответствии с маршрутами

IP-трафика. При большом числе узлов это облегчает управление и повышает масштабируемость сети. Таким образом, протокол MPLS можно использовать в сетях ATM для передачи данных IP и других протоколов сетевого уровня. Остальные виды информационных потоков (голоса, видео, Frame Relay и др.) передаются традиционным образом с использованием встроенных средств технологии ATM.

Другой путь (компания Cisco) – обеспечить хорошую передачу трафика IP по сетям, где в качестве протоколов второго уровня используется протокол PPP. В частности, протокол MPLS/PPP должен решать функции установления и контроля качества соединений и т. д.

Таким образом, начавшись с двух противоположных направлений, работы над созданием протокола MPLS объединились. Во-первых, требуется стандартизация уже существующих реализаций протоколов MPLS/ATM, MPLS/FR и MPLS/PPP. Во-вторых, начаты работы над спецификациями MPLS/Ethernet. В-третьих, требуется стандартизация методов взаимодействия всех методов инкапсуляции меток MPLS. Предполагается, что протокол MPLS будет универсальным, и его стандартизация может затянуться еще на несколько лет.

Рассматривая перспективы применения протокола MPLS в современных сетях, необходимо отметить, что протокол MPLS/ATM можно успешно применять уже сегодня, при этом оптимизируются возможности для передачи IP-трафика. Одновременно обеспечивается качественная передача других видов информационных потоков — голоса, видео с использованием стандартных функций технологии ATM.

Независимо от того, как будет принят протокол MPLS телекоммуникационным сообществом после завершения его стандартизации, в настоящее время наиболее близким по функциональным свойствам к нему является технология ATM. Путем небольших изменений и дополнений в программном обеспечении ATM-коммутаторы становятся MPLS-коммутаторами. При этом протоколы MPLS/ATM и ATM могут работать в ATM-коммутаторах одновременно (во всяком случае, так это реализовано в коммутаторах Lucent). Поэтому все проблемы передачи альтернативных информационных потоков (голоса, видео и др.), которые сегодня в протоколе MPLS еще не определены, решаются средствами технологии ATM, а функциональность протокола MPLS позволяет использовать его для автоматизации установления соединений при передаче трафика IP и других протоколов сетевого

уровня. В настоящее время, оптимальным вариантом выбора транспортной среды для построения мультисервисной сети оператора является технология ATM, возможно, в сочетании с протоколом MPLS/ATM.

6.7. Магистральные транспортные сети и сети доступа

В настоящее время ОК с различными одномодовыми оптическими волокнами являются наиболее совершенной средой для построения транспортных магистралей цифровой первичной сети на базе аппаратуры ДСП СЦИ/SDH. По полосе пропускания (скорость передачи свыше 10 Гбит/с), линейным потерям (затухание 0,2...0,25 дБ/км) и дальности передачи (свыше 150 км) ОК не имеют себе равных. Среди различных систем передачи для магистральных транспортных сетей ВОЛС с ЦСП СЦИ/SDH занимают ведущее место по всем основным показателям (табл. 6.2).

Таблица 6.2

Сравнение основных характеристик различных систем связи

Показатель	**Система связи**			
	Спутниковая	**ВОЛС-ПЦИ/PDH**	**ВОЛС-СЦИ/SDH**	**ВОЛС-АТМ**
Достоверность передачи	10^{-7}–10^{-11}	10^{-7}–10^{-11}	10^{-7}–10^{-11}	10^{-7}–10^{-11}
Коэффициент готовности	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998
Время задержки передачи, мс	250	50	50	Не норм.
Время передачи, мс	350–800	200-700	200–700	Не норм.
Пропускная способность, Гбит/с	1–3,2	0,02–0,140	0,622–40	0,155 –10

Учитывая высокую надежность аппаратуры ЦСП СЦИ/SDH, одной из важнейших задач по обеспечению высокой надежности транспортной сети в целом становится поддержание характеристик волокна ОК в процессе эксплуатации ВОЛС на надлежащем уровне. Поэтому системы непрерывного мониторинга оптических волокон ОК ВОЛС приобретают особую значимость при построении современных

цифровых транспортных и мультисервисных сетей, и как будет показано далее, решение этой проблемы должно начинаться на этапе планирования сети с учетом будущего ее развития.

Сопряжение сетей доступа с транспортной сетью может осуществляться как непосредственно в узлах первичной сети, так и с помощью аппаратуры удаленного доступа в зависимости от типа и категории узла ЦПС.

В первом случае СЭ сети доступа расположены непосредственно на узлах ЦПС, и возможны два варианта:

- СЭ доступа является мультиплексором доступа СЦИ/SDH и задача его сопряжения с ЦСП СЦИ/SDH первичной сети обеспечивается кроссированием потоков Е1 и определением числа необходимых портов доступа Е1 в аппаратуре на узле ЦПС;

- СЭ доступа является первичным мультиплексором ПЦИ/PDH. В этом случае выбирают соответствующие интерфейсы передачи первичного мультиплексора для его сопряжения с портами доступа Е1 в аппаратуре на узле ЦПС.

Во втором случае СЭ доступа находится на удаленном расстоянии от узла ЦПС и возможны три варианта его подключения к ближайшему узлу аппаратуры ЦСП на узле ЦПС:

- оптическим кабелем, причем выбирается необходимая аппаратура мультиплексирования для организации ЦКС;

- существующим медным кабелем КЛС, причем выбирается необходимая аппаратура мультиплексирования для организации ЦКС в зависимости от расстояния: до 4–5 км используют аппаратуру линейного тракта ЦСП ПЦИ/PDH, а при большем HDSL модемы;

- посредством РРЛ, причем предусматривается необходимая аппаратура мультиплексирования и передачи для организации ЦКС по РРЛ.

Интеграция сетей доступа в транспортной сети в единую мультисервисную сеть основывается на применении аппаратуры АТМ-коммутаторов и IP-маршрутизаторов поверх сети СЦИ/SDH. В этом случае интерфейсы доступа аппаратуры АТМ и IP обеспечивают непосредственное подключение СЭ абонентов, передающих разнородный трафик типа мультимедиа, а их интерфейсы передачи на уровне цифровых потоков El, STM-1/4 и других сопрягаются с соответствующими интерфейсами доступа MBB/ADM на узлах транспортной сети.

6.8. Построение высокоскоростных сетей абонентского доступа

Сеть доступа располагается между абонентским терминалом и оконечным устройством вторичной сети, в случае телефонной сети оконечной АТС. Абонентский терминал, как правило, не включается в сеть доступа, за исключением терминальных адаптеров сетей ISDN, которые иногда рассматриваются как часть сети доступа. Такое деление оправдано, т. к. сеть доступа обслуживается оператором связи, равно как на него ложатся и затраты на ее построение и эксплуатацию. Абонентский же терминал, как правило, приобретается и обслуживается абонентом. Традиционный способ подключения, заключающийся в прокладке медной абонентской линии от оконечной станции до терминала абонента, становится все более дорогим и не решает всего спектра задач и требований, предъявляемых к современной телекоммуникационной сети. Стоимость медного кабеля и всей КЛС неуклонно растет. Загруженность кабельной канализации в городах, высокие эксплуатационные расходы на поддержание КЛС в необходимом техническом состоянии с учетом ограниченной их пропускной способности приводят к поиску альтернативных решений проблемы доступа. В сетях доступа теперь широко используют технологии, которые ранее применялись лишь на транспортных магистралях первичных сетей – ОК ВОЛС, и беспроводные системы доступа WLL (Wireless Local Loop), включая РРЛ.

Концепция построения современных сетей доступа предусматривает два направления их развития:

- интенсификация использования и модернизация существующих АЛ;
- строительство современных сетей доступа с применением новых технологий (ВОЛС, РРЛ, WLL, HDSL, PLC). Модернизация АЛ предусматривает, прежде всего, повышение их пропускной способности без изменения топологии сети. При уплотнении АЛ просто наращивается число каналов в линии с помощью аппаратуры ДСП или HDSL. При этом уплотненные АЛ с функциональной точки зрения не отличаются от традиционных линий на медных кабелях связи. Концепция построения современных сетей доступа предусматривает построение новых сетей доступа.

- *Во-первых*, сеть доступа рассматривается как единая система, имеющая свои идеологию построения, структуру и топологию, систему управления.

- *Во-вторых*, в ней предусматривается применение совокупности аппаратуры ЦСП различных типов и технологий, которая практически не ограничивает возможностей оператора по предоставлению всего спектра современных услуг.

- Одновременно с этим, опираясь на цифровую транспортную сеть, современная сеть доступа позволяет в корне изменить подход к выбору коммутационного оборудования, поскольку все абонентские подключения могут идти по цифровым каналам и стыкам.

В рамках концепции построения современных сетей доступа применение ОК в качестве «последней мили» предусматривает несколько направлений:

- волокно до здания – FTTB (Fiber To The Building);
- волокно до офиса – FTTO (Fiber To The Office);
- волокно до некоторой зоны – FTTZ (Fiber To The Zone), где группируются абоненты.

Все три направления позволяют довести широкополосную оптическую линию связи до узла сети доступа, где размещают оборудование, распределяющее более низкоскоростные цифровые потоки непосредственно до пользовательского терминала.

Основные задачи оператора телекоммуникационной сети:

- быстрое подключение новых абонентов (при расширении, модернизации и строительстве новой сети доступа);
- возможность предоставления новых услуг (цифровые каналы, услуги ISDN и т. п.);
- минимизацию стоимости сети доступа и эксплуатационных затрат;
- возможность экономичного перераспределения ресурсов сети доступа и предоставления широкополосных услуг по требованию;
-обеспечение резервного запаса ресурсов сети доступа для предоставления новых услуг в будущем.

Для быстрого подключения абонентов подходят все решения, не требующие прокладки кабелей связи. К ним относятся: уплотнение существующих КЛС, применение средств радиодоступа, радиолиний для связи терминалов и оборудования сети доступа. При строительстве новой сети доступа в развивающихся деловых, индустриальных или жилых районах целесообразно применять средства радиодоступа или аппаратуры доступа на основе ОК. Стоимость прокладки медного кабеля и ОК для сети доступа примерно одинакова, стоимость же самого ОК постоянно снижается, а пропускная способ-

ность, надежность, запас ресурса у ВОЛС несопоставимо выше. Предоставление новых услуг, под которыми сейчас, в основном, понимаются некоммутируемые цифровые каналы и каналы ISDN, возможно с применением всех систем современного оборудования для сетей доступа. Для некоторых видов широкополосных услуг, требующих цифровых потоков со скоростью передачи свыше 2 Мбит/с, применяют ЦСП совместно с ВОЛС или РРЛ. Для снижения затрат и повышения оперативности предоставления услуг в сетях доступа можно применять существующие КЛС.

На практике при строительстве сетей доступа часто различные средства доступа применяют в сочетании друг с другом: уплотнение КЛС и ВОЛС, средства радиодоступа и ВОЛС и т. п. Как правило, с увеличением затрат на строительство сети доступа снижаются затраты на ее эксплуатацию и наоборот. Поэтому при технико-экономической оценке строительства сети доступа, как впрочем, и любой сети связи, необходимо учитывать все составляющие затрат, включая эксплуатационные.

В противном случае нельзя правильно определить технико-экономическую эффективность и сроки окупаемости инвестиций в строительство планируемой сети. Высокая гибкость и мобильность сети доступа, заложенная на этапе ее планирования и проектирования, позволяет перераспределять ресурсы созданной сети для предоставления услуг по требованию без предварительных затрат. При этом наиболее существенным фактором для обеспечения запаса требуемого ресурса при проектировании сети доступа является пропускная способность соединительных линий.

Запас по ресурсу в сети доступа позволяет планировать ее расширение и, безусловно, желателен как на этапе ее планирования и строительства, так и при эксплуатации сети доступа на долгие годы. С другой стороны, этот запас связан с увеличением первоначальных капитальных затрат, которые не всегда могут быть обеспечены для строительства сети по различным причинам. Поэтому часто применяют комбинированные решения по построению сетей доступа. Оборудование доступа выбирают так, чтобы предусматривалась возможность предоставления широкополосных услуг при минимальных затратах на его модернизацию. Линии же связи, строительство которых требует больших затрат, вводят в эксплуатацию по мере необходимости.

ГЛАВА 7. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ КОММУТАЦИИ

7.1. Общие положения

Для осуществления коммутации (соединения) линий (или каналов) и управления процессами установления соединения на АТС применяются коммутационные приборы. Коммутационным прибором (КПр) называется устройство, обеспечивающее скачкообразное изменение проводимости электрических цепей, на определенный промежуток времени. Изменение проводимости электрических цепей в коммутационном приборе осуществляется коммутационным элементом (КЭ). К коммутационному прибору могут подключаться линии с различной проводностью, поэтому их коммутация осуществляется несколькими КЭ, которые объединены в коммутационную группу. При этом коммутационные элементы переключаются одновременно под влиянием управляющего сигнала.

В коммутационном приборе в зависимости от числа входных и выходных линий может быть установлено различное число коммутационных групп. Совокупность коммутационных групп, обеспечивающая коммутацию входов и выходов, называется коммутационным полем прибора. Местоположение коммутационной группы в коммутационном поле прибора (или в коммутационном блоке, построенном из нескольких приборов) называется точкой коммутацией.

Коммутационные приборы различаются между собой структурными и электрическими параметрами.

К структурным параметрам относятся: число входов n, число выходов m, доступность входов D по отношению к выходам, число одновременно коммутируемых электрических цепей ℓ (проводность), свойство памяти. Производными от этих параметров являются общее число точек коммутации T, число коммутационных групп и число коммутационных элементов, а также максимальное число одновременных соединений.

К электрическим параметрам коммутационных приборов относятся: сопротивление коммутационного элемента в закрытом (разомкнутом) состоянии $R_З$ и открытом (замкнутом) состоянии R_0, отношение которых называется коммутационным коэффициентом

$K = R_3/R_0$, время переключения КЭ из одного состояния в другое; вносимое затухание в разговорный тракт; уровень шумов; напряжение питания; величина тока, необходимого для переключения КЭ; потребляемая мощность.

Некоторые коммутационные приборы обладают свойством памяти, т. е. способностью сохранять рабочее состояние после прекращения подачи управляющего воздействия. Это позволяет сократить расход электроэнергии для поддержания рабочего состояния прибора. Для возвращения прибора в исходное состояние требуется новое управляющее воздействие.

7.2. Классификация коммутационных приборов

Используемые в настоящее время коммутационные приборы по структурным параметрам можно разделить на четыре типа: реле, искатели, многократные соединители и соединители [3].

1. Коммутационные приборы типа реле (1x1) имеют один вход и один выход (рис. 7.1).

2.

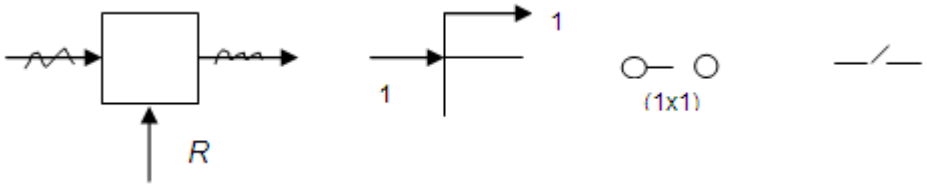


Рис. 7.1. Коммутационный прибор типа реле (1x1)

Число входов и выходов прибора указывается в круглых скобках, где первая цифра – число входов *n*, а вторая – число выходов *m*. Прибор имеет два состояния, в одном из которых соединение между входом и выходом отсутствует, а в другом – соединение установлено. Переход коммутационного элемента (или коммутационной группы) из одного состояния в другое осуществляется под воздействием сигнала, который поступает на управляющий вход R из устройства управления. На рис. 7.2, приведены условные изображения коммутационного прибора, используемые в технике автоматической коммутации. Коммутационные приборы типа искателей (1 x m) имеют один вход n = 1 и *m* выходов.

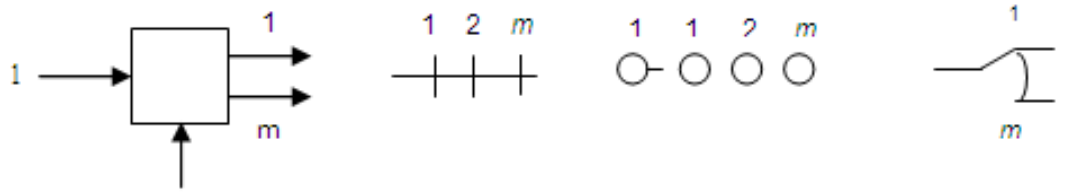


Рис. 7.2. Коммутационный прибор типа искателей (1xm)

В приборе можно установить соединение входа с любым из *m* выходов, следовательно, доступность прибора D = *m*. При этом одновременно в приборе может быть установлено только одно соединение.

3. Коммутационные приборы типа многократных соединителей n(1 x m) имеют *n* входов и *nm* выходов (рис. 7.3).

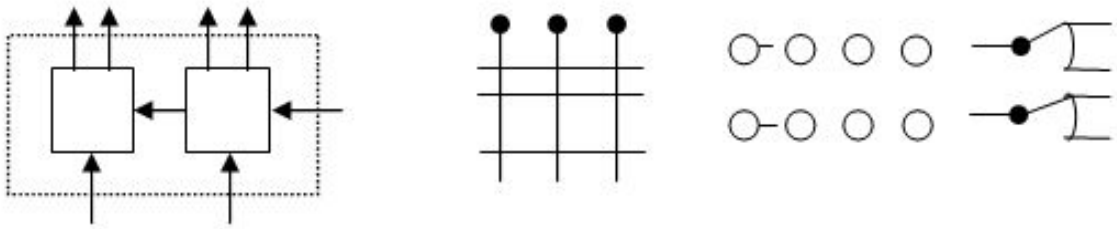


Рис. 7.3. Коммутационные приборы типа МКС n(1xm)

Каждому входу из *n* доступны только *m* определенных выходов, следовательно, доступность прибора *D=m* из общего числа выходов – *nm*. В приборе одновременно может быть установлено *n* соединений.

4. Коммутационные приборы типа соединителей (n x m), имеют n входов и m выходов (рис. 7.4). Каждому из n входов доступен любой из m выходов, следовательно, D = m. В приборе одновременно может быть установлено n соединений, если *n*≤ m или *m* соединений, если n >m.

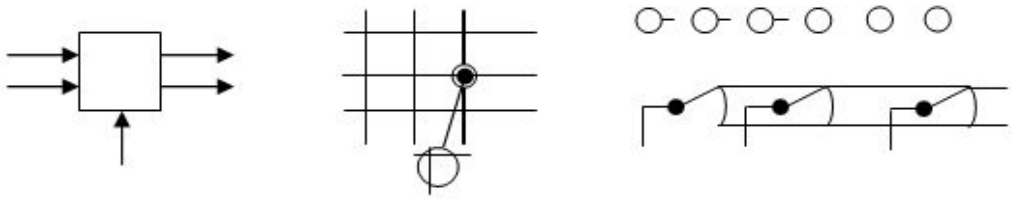
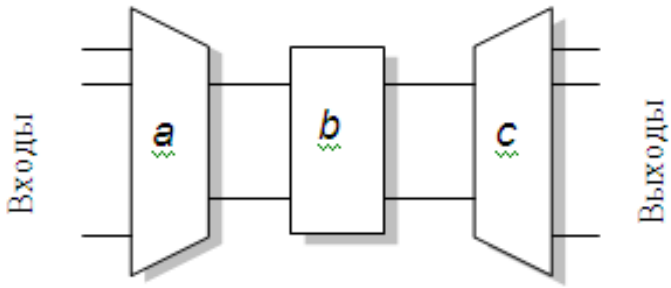


Рис. 7.4. Коммутационный прибор типа соединителя (nxm)

Посредством коммутационных приборов строятся коммутационные блоки, ступени искания и коммутационное поле автоматических телефонных станций и узлов, управляющие устройства, линейные и служебные комплекты.

7.3. Коммутационные блоки

Одним из основных частей коммутационного узла является коммутационное поле (КП). Его рациональное построение позволяет при минимальных затратах оборудования обеспечить требуемое качество обслуживания вызовов. На рис. 7.5 представлена структура коммутационного поля, состоящего из трех частей **a, b** и **c** [3].



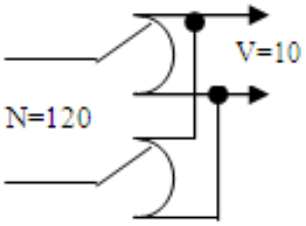


Рис. 7.5. Структура коммутационного поля Рис.7.6. Коммутационный блок 120x10

С помощью КП через внутристанционные линии V_1 и V_2 N входов соединяются с M выходами. Чаще всего соотношение между числом линий следующее: $N>V_1$; $V_1=V_2$; $V_2<M$. В звене **a** КП осуществляется переход от большого числа входов N (абонентских линий) к меньшему числу внутристанционных линий V_1, т. е. выполняется функция сжатия. В звене **b** КП внутристанционные линии V_1 коммутируются с внутристанционными линиями V_2 (функция коммутации).

В звене с осуществляется переход от внутристанционных линий V_2 к требуемому числу выходов M, т. е. выполняется функция расширения. В коммутационном поле звенья *a, b* и *c* представляют собой ступени искания, которые, в свою очередь, могут состоять из соединенных между собой однотипных коммутационных блоков. В коммутационном блоке включение выходов по отношению к вхо-

дам может быть полнодоступным или неполнодоступным. Полнодоступным называется такое включение, при котором любой вход блока может быть соединен с любым свободным выходом. Включение называется неполнодоступным, если вход блока можно соединить только с частью определенных выходов. Число выходов блока, с которыми может быть соединен вход, называется доступностью D.

7.4. Способы построения коммутационных блоков

На рис. 7.7 показаны коммутационные блоки, полученные путем объединения входов нескольких коммутационных приборов.

Коммутационный блок типа (1x2) строится путем объединения входов двух приборов типа (1x1). В этом случае входу доступны 2 выхода (D = 2). Коммутационный блок типа (1x2m) строится путем объединения входов двух приборов типа (1xm). В этом случае D = 2m.

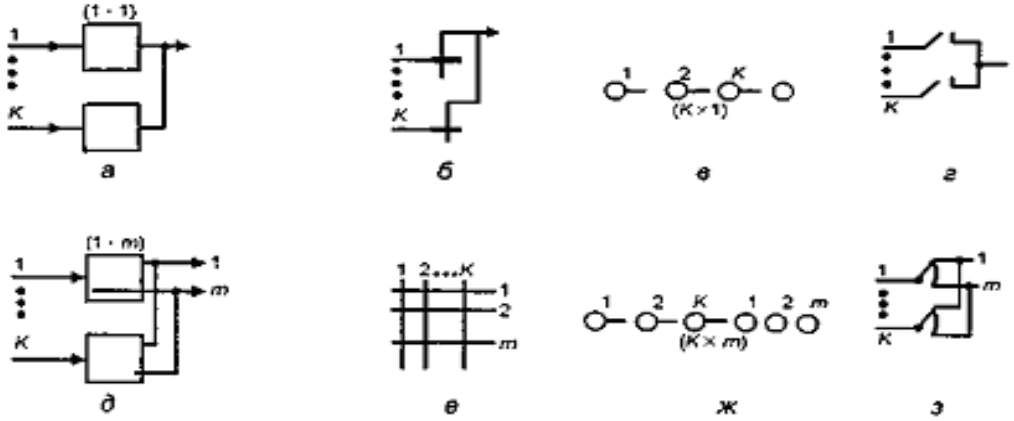


Рис. 7.7. Коммутационные блоки с объединением входов КП

Объединение входов коммутационных приборов приводит к увеличению доступности входов по отношению к выходам. На рис. 7.8 показаны коммутационные блоки, полученные путем объединения выходов у нескольких коммутационных приборов.

Коммутационный блок типа (kx1) строится путем объединения выходов *k* приборов типа (1x1). При объединении выходов *k* коммутационных приборов типа (1xm) строится коммутационный блок типа (kxm). Объединяя выходы в группе из *k* коммутационных приборов, получается коммутационный блок, в котором входы всех коммутационных приборов имеют доступ к одной и той же группе выходов.

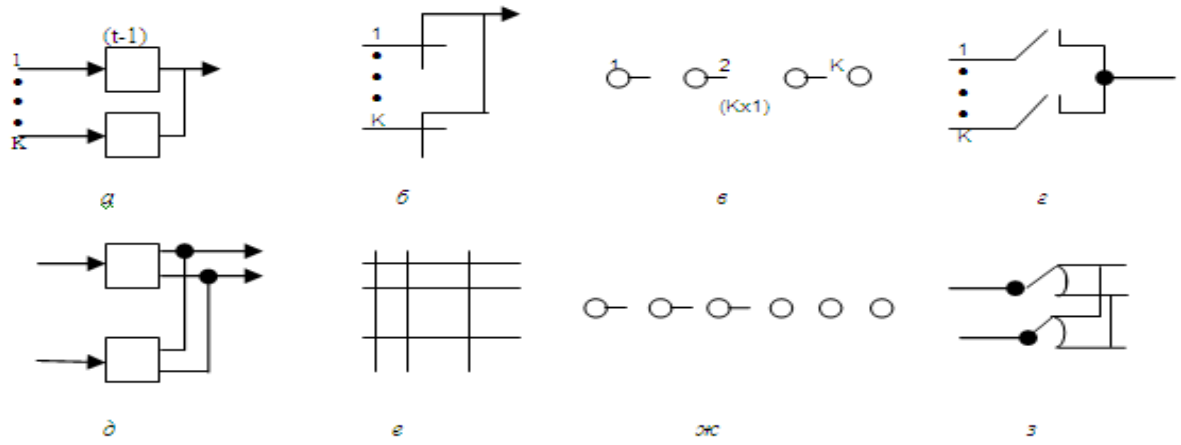


Рис. 7.8. Коммутационные блоки с объединением выходов КП

На рис. 7.9 показаны коммутационные блоки, полученные путем объединения входов и выходов нескольких коммутационных приборов.

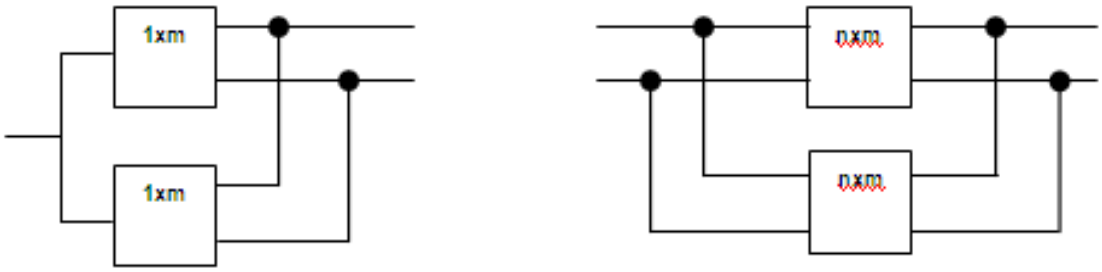


Рис. 7.9. Коммутационные блоки с объединением входов и выходов КП

Такое объединение может быть вызвано необходимостью повышения надежности КБ за счет параллельного соединения входа с выходом через разные коммутационные приборы. Если первый коммутационный прибор неисправен, то соединение может быть осуществлено через второй прибор. На рис. 7.10 показаны примеры построения КБ с последовательным соединением коммутационных приборов.

При последовательном соединении двух приборов типа (1xm) получается КБ типа (1xvxm). Здесь v – число промежуточных линий между звеньями А и В. В этом блоке между входом и выходом образуется две точки коммутации, одна на звене А и вторая на звене В. При доступности приборов D = m, доступность КБ получается равной $D = m^2$.

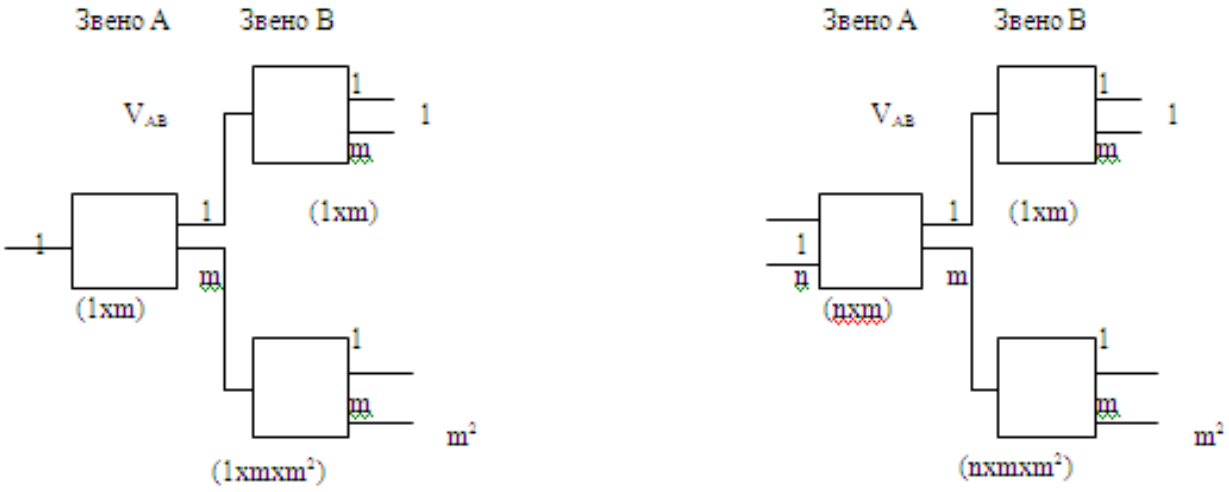


Рис. 7.10. Коммутационные блоки с последовательно соединеним КП

Аналогично, при последовательном соединении коммутационных приборов типов (nxm) и (1xm) строится КБ типа $(n \times v \times m^2)$, в котором каждый вход имеет доступ к любому из m^2 выходов.

Простейшим коммутационным блоком является однозвенный полнодоступный блок, в котором любой вход имеет доступ к любому выходу. Такой блок называется коммутатором. Посредством коммутаторов можно строить КБ с требуемыми структурными параметрами, используя операции объединения входов и выходов и последовательного соединения.

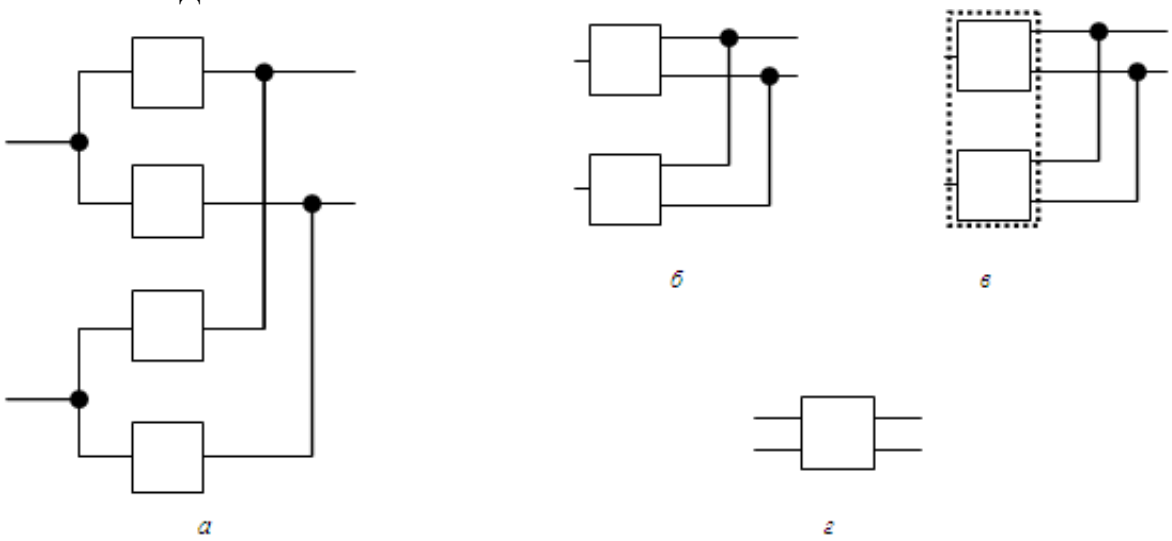


Рис. 7.11. Схема коммутаторов (nxm)

Коммутатор представляет собой блок типа (nxm) и может быть построен на коммутационных приборах любого типа объединением

входов и выходов. Одноименные выходы всех групп объединяются для получения m общих выходов из блока. Для получения коммутатора с использованием приборов типа (1xm) потребуется n приборов, у которых следует объединить одноименные выходы, как это показано на рис. 7.11, *б*. Коммутатор на *n* входов и m выходов может быть выполнен на одном приборе типа n(1xm) путем объединения одноименных выходов (рис. 7.11, *в*).

7.5. Коммутационные схемы и их характеристики

7.5.1. Однозвенные и двухзвенные коммутационные схемы

Простейшую коммутационную схему можно представить в виде прямоугольной решетки, составленной из точек коммутации (рис. 7.12, *а*).

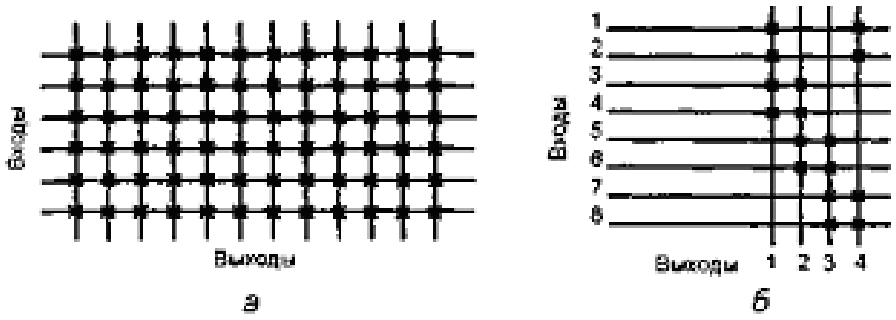


Рис. 7.12. Прямоугольная коммутационная схема

Коммутационная схема, представленная на рис. 7.12, *а*, может быть использована для соединения любого из входов с любым из выходов, следовательно, она является полнодоступной. Кроме того, такая схема является неблокирующей, т. к. в ней всегда можно установить соединение заданного входа с любым выходом при условии, если он свободен.

Каждому входу можно обеспечить доступ не ко всем, а лишь к ограниченному числу выходов (рис. 7.12, *б*). Переход к схемам с ограниченной доступностью позволяет получить значительную экономию числа точек коммутации. При необходимости выполнения условия полнодоступности каждой паре вход-выход ставится соответственно индивидуальная точка коммутации.

Если представить, что к входам и выходам одного квадратного коммутатора NxN подключены абонентские линии, то с учетом того, что одноименные линии не соединяются, количество необходимых коммутационных точек будет равно $Q = N^2 - N = N(N-1)$.

Если число абонентских линий 10000, то число точек коммутации в коммутационном поле с одним коммутатором должно быть не менее $10000(10000\text{-}1)\text{-}10^8$. Стоимость такого коммутационного поля станции была бы неприемлемо велика, поэтому для уменьшения точек коммутации используются звеньевые коммутационные схемы, в которых коммутаторы соединены каскадно.

В исходном состоянии двухзвенный коммутационный блок является полнодоступным, т. е. все выходы доступны всем входам (рис. 7.13). Однако в процессе занятия выходов это условие нарушается и доступность уменьшается. Остальные выходы первого коммутатора звена В становятся недоступными для входов первого коммутатора звена А. Вызовы, поступившие на эти входы, получают отказ в соединении, хотя и имеются свободные выходы в коммутационном блоке.

Следовательно, внутренние блокировки снижают пропускную способность коммутационного блока и увеличивают его потери.

Звеньевые коммутационные блоки находят широкое применение в координатных АТС, а также в квазиэлектронных и электронных системах коммутации.

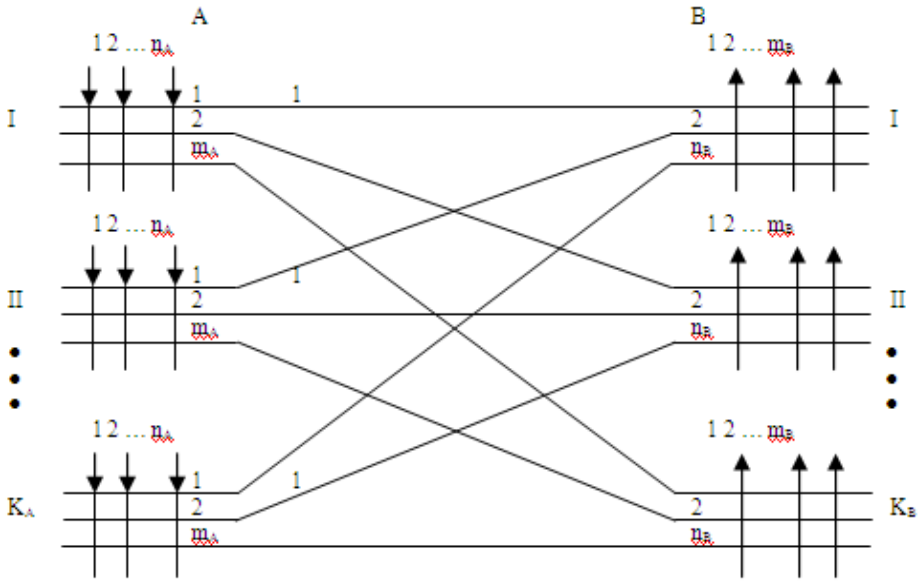


Рис. 7.13. Структурные параметры двухзвенного КБ

Двухзвенный коммутационный блок, представленный на рис. 7.13, имеет следующие структурные параметры:

k_A – число коммутаторов звена *A;*

n_A – число входов в один коммутатор звена *A;*

m_A – число выходов из одного коммутатора звена *A;*

k_B – число коммутаторов звена В;

n_B – число входов в один коммутатор звена Б;

m_B – число выходов из одного коммутатора звена *B*.

Между структурными параметрами КБ существуют следующие соотношения:

$N = n_A k_A$ – число входов коммутационного блока;

$M = m_B k_B$ – число выходов коммутационного блока;

$V_{AB} = k_A m_A = k_B n_B$ – общее число промежуточных линий;

Кроме того, двухзвенный КБ характеризуется коэффициентом связности f_{AB} и коэффициентом расширения (сжатия) σ. *Коэффициент связности* или просто *связность* представляет собой число ПЛ, связывающих каждый коммутатор звена *A* с каждым коммутатором звена В. Для односвязного КБ $(f_{AB} = 1)$ имеют место соотношения $m_A = k_B, k_A = n_B$ (рис. 7.13). Пропускная способность блока в значительной степени определяется *коэффициентом расширения (сжатия)* $\sigma = V/N = m_A/n_A$. При $\sigma > 1$ имеет место *расширение* на звене *A,* т. е. переход от меньшего числа линий к большему $N < V$. Если $\sigma < 1$, то имеет место *сжатие (концентрация),* т. е. переход от большего числа линий к меньшему $N > V$. Упрощенное представление двухзвенной симметричной односвязной коммутационной схемы и ее вероятностный граф представлены на рис. 7.15.

В такой схеме количество коммутационных точек

$$Q = nk^2 + nk^2 = 2nk^2. \qquad (7.1)$$

Если, как и для однозвенной коммутационной схемы, принять число входов и выходов равным N = 10000 и предположить, что число коммутаторов в каждом звене k = 100, а число входов в каждом коммутаторе n = 100, то согласно выражению (7.1) общее количество точек коммутации в двухзвенной симметричной схеме $Q = 2 \cdot 10^6$.

Одним из наиболее гибких и логически простых методов вычисления вероятности блокировок является метод, предложенный Ли (C.Y. Lee) в 1955 г., который основан на использовании вероятностных графов. *Вероятностный граф* – это упрощенная диаграмма ли-

ний и узлов, требуемых для установления соединения входа с выходом. Узлы (точки на графе) представляют собой точки коммутации, через которые может проходить соединение. Линии – это ветви, соединяющие точки коммутации и определяющие возможные пути установления соединения входа с выходом.

При анализе вероятности блокировки для коммутационных схем различной структуры используется вероятность занятости отдельной линии связи *p*, которую можно также трактовать как доля времени, в течение которого данная линия занята. Эта вероятность напрямую зависит от того, какая нагрузка обслуживается линией или пучком линий. Интенсивность нагрузки, обслуженной пучком линий, выражается в эрлангах (Эрл) и равна среднему числу занятых линий в этом пучке. Вероятностный граф двухзвенной односвязной коммутационной схемы представляет собой два узла с одной ветвью, связывающей их, т. к. между любым конкретным входом звена *A* и выходом звена В существует лишь один возможный путь установления соединения. Пусть ***a*** – интенсивность нагрузки, поступающей на вход коммутатора звена *A*. Тогда ***Y=an*** – интенсивность нагрузки, поступающей на коммутатор звена *A*. Интенсивность нагрузки, обслуженной одной промежуточной линией, соответствует вероятности того, что эта линия занята (вероятность *p*), которую можно оценить как отношение интенсивности нагрузки *Y* к числу выходов *(k)* коммутатора звена *A*. Следовательно, вероятность блокировки в двухзвенной односвязной коммутационной схеме, равная вероятности того, что промежуточная линия, связывающая коммутаторы звеньев *A* и Б, будет занята, определяется по формуле

$$B = an/k = p. \qquad (7.2)$$

Уменьшения вероятности блокировки можно добиваться увеличением коэффициента связности.

Уменьшения вероятности блокировки можно добиваться увеличением коэффициента связности.

Блокировки вызовов в такой схеме будут происходить тогда, когда заняты одновременно две промежуточные линии между заданными коммутаторами звеньев *A* и Б. Учитывая свойство вероятности двух независимых событий, вероятность блокировки для двухзвенной симметричной двухсвязной коммутационной схемы можно оценить по формуле

$$B = \left(\frac{an}{2k}\right)^2 = p^2. \tag{7.3}$$

Для схемы с коэффициентом связности f применима общая формула

$$B = p^f. \tag{7.4}$$

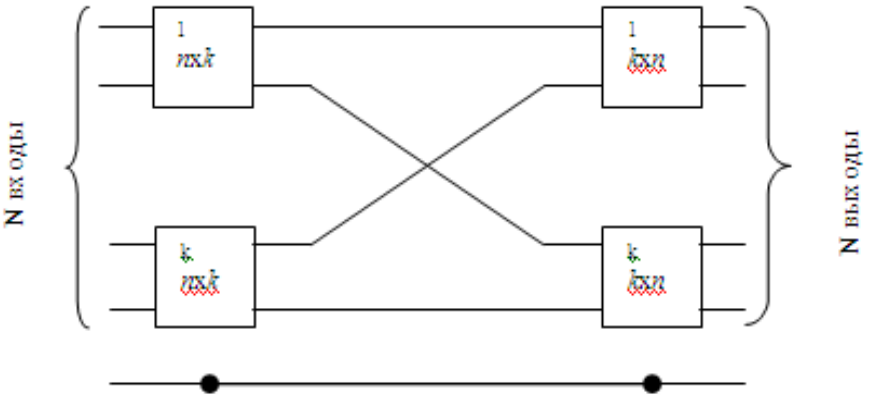


Рис. 7.14. Двухзвенная симметричная односвязная КС и её вероятностный граф

Одним из методов уменьшения вероятности блокировок является увеличение числа звеньев коммутационной схемы. Частным случаем многозвенной схемы является трехзвенная коммутационная схема, в которой входы и выходы разделены на подгруппы из n входов и m выходов (рис. 7.16).

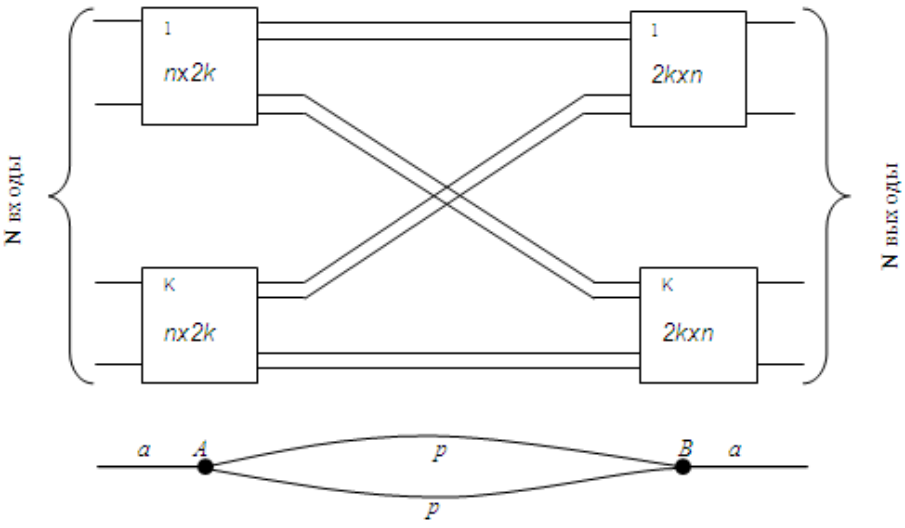


Рис. 7.15. Двухзвенная симметричная двухсвязная КС и её вероятностный граф

7.5.2. Анализ характеристик трехзвенной коммутационной схемы

Как и в случае двухзвенной коммутационной схемы, входы каждой подгруппы обслуживаются отдельной прямоугольной коммутационной схемой – коммутатором. Входные коммутаторы – это коммутаторы *nxk,* где каждый из *k* выходов соединяется со входом одного из *k* коммутаторов второго звена. Третье звено состоит из коммутаторов *kxn,* которые обеспечивают соединение каждого коммутатора центрального звена с группой *n* выходов. Все коммутаторы центрального звена имеют параметры (*N*/*n*)×(*N*/*n*), что позволяет обеспечить соединение любого коммутатора первого звена с любым коммутатором третьего звена. Если все коммутаторы являются полнодоступными коммутационными схемами, то любое конкретное соединение входа с выходом схемы может быть установлено *k* различными путями. Каждый из *k* путей проходит через отдельный коммутатор центрального звена. Именно благодаря этому многозвенная структура позволяет обеспечить обходные пути через коммутационную схему в тех случаях, когда надо обойти возникающие повреждения и блокировки.

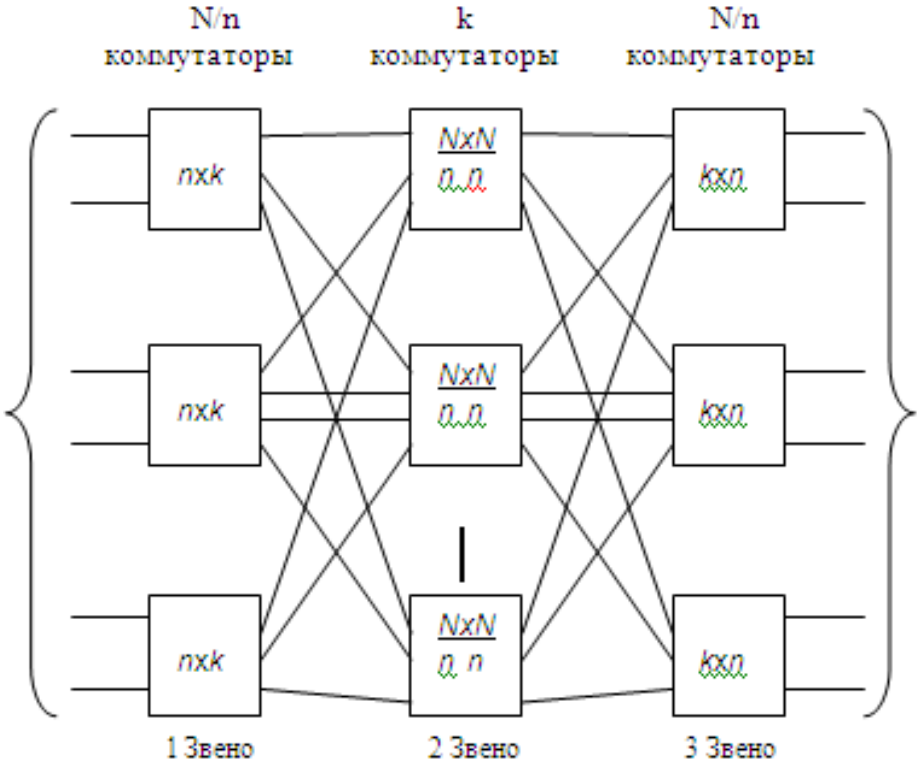


Рис. 7.16. Трехзвенная коммутационная схема

Общее число точек коммутации Q, требуемое для построения трехзвенной коммутационной схемы, показанной на рис. 7.16 составляет

$$Q = 2Nk + k(N/n)^2. \qquad (7.5)$$

Если принять число входов и выходов равным $N = 10000$ и предположить, что число коммутаторов центрального звена $c = 16$, а число входов в каждом коммутаторе первого звена $n=32$, то согласно выражению (7.6) общее количество точек коммутации в двухзвенной симметричной односвязной схеме будет $Q = 2 \cdot 10^5 \cdot 16 + 16(10^5/32)^2 = 1882500 \cdot 1{,}9 \cdot 10^6$. Трехзвенная схема позволяет существенно уменьшить вероятность блокировки по сравнению с двухзвенной схемой при соизмеримом числе точек коммутации.

На рис. 7.17 представлен вероятностный граф трехзвенной схемы. Этот граф показывает, что любое соединение может быть установлено k различными путями: каждый путь проходит через один коммутатор центрального звена. Как и в предыдущих случаях, обозначим через p вероятность того, что любая промежуточная линия занята.

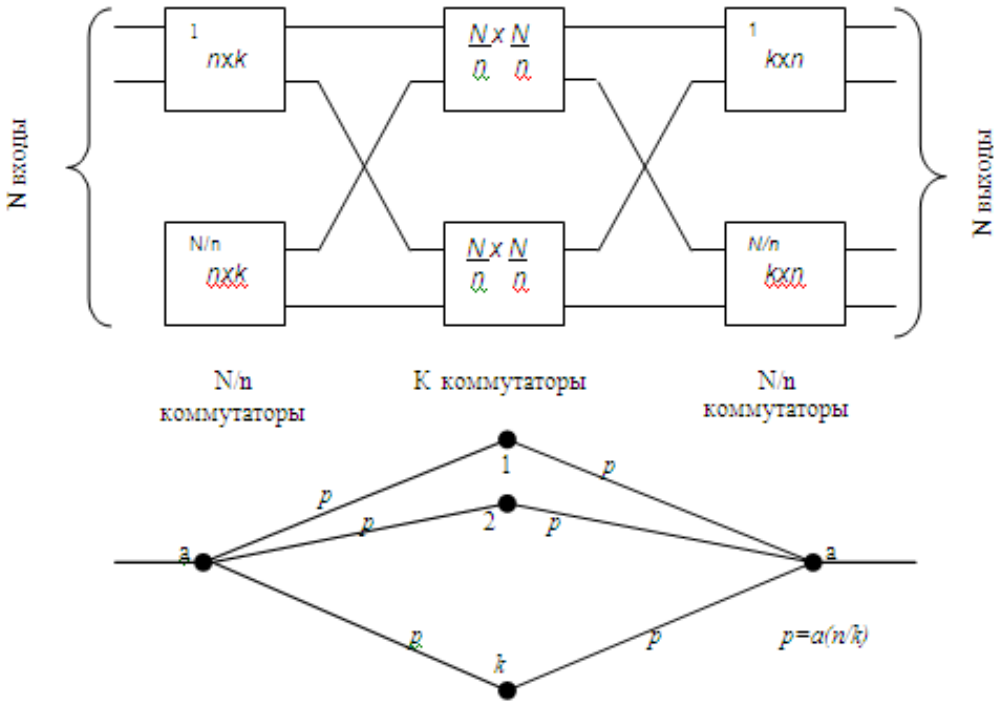


Рис. 7.17. Трехзвенная симметричная односвязная КС и её вероятностный граф

Вероятность блокировки трехзвенной схемы может быть определена как вероятность того, что все пути с требуемого входа на требуемый выход заняты. Анализ показывает, что таких возможных путей *k.* Вероятность того, что один из *k* путей занят, равна вероятности занятого состояния по крайней мере одной из промежуточных линий какого-либо соединительного пути, которую можно определить как $1-(1-p)^2$. Следовательно, выражение для вычисления вероятности блокировки в трехзвенной коммутационной схеме примет следующий вид:

$$B = [1 - (1 - p)^2]^k. \qquad (7.6)$$

Или, используя известную удельную поступающую нагрузку на входе коммутационной схеме выражений (7.6), примет следующий вид:

$$B = \{1 - [1 - a(n/k)]^2\}^k. \qquad (7.7)$$

Неблокирующие коммутационные схемы. Одно из основных преимуществ однозвенной коммутационной схемы заключается в том, что она является строго *неблокирующей*. В 1953 г. *Ч. Клоз* опубликовал результаты анализа трехзвенных симметричных коммутационных схем. Его результаты показали, что если каждый отдельный коммутатор является неблокирующим, и при этом число коммутаторов центрального звена *k* больше или равно *2n-1*, где *n* – число входов коммутатора первого звена , то коммутационная схема будет строго неблокирующей. Условие отсутствия блокировок:

$$k \geq 2n - 1. \qquad (7.8)$$

В таком блоке независимо от того, сколько соединений уже установлено, всегда найдется свободный соединительный путь между требуемыми входом и выходом (рис. 7.18).

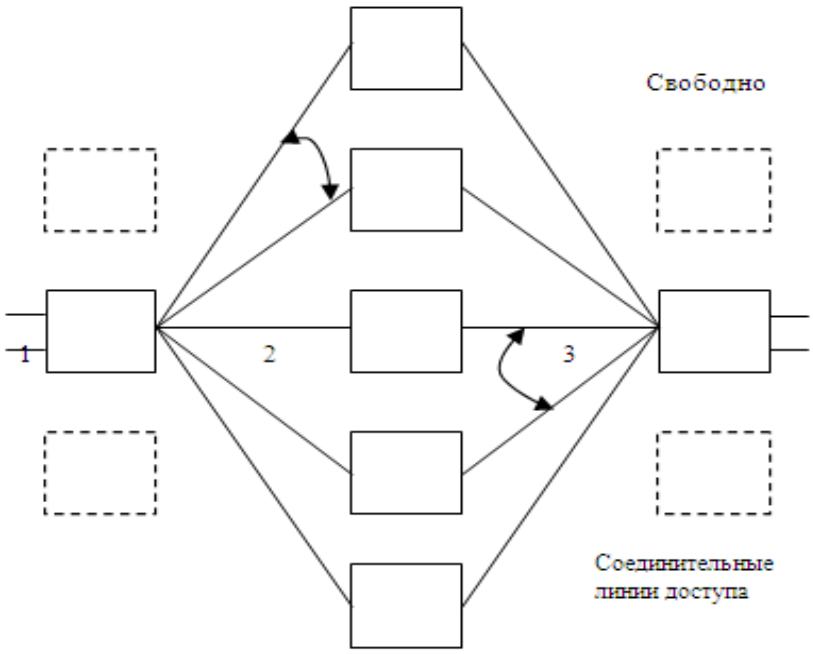


Рис. 7.18. Двухзвенная неблокирующая коммутационная схема

Однако наиболее существенное уменьшение числа точек коммутации может быть достигнуто как за счет введения дополнительных звеньев, так и за счет работы КБ с приемлемо малым значением вероятности блокировки.

Число точек коммутации для неблокирующей трехзвенной схемы можно определить, используя выражение

$$Q = 2N(n-1) + (2n-1)(N/n)^2. \qquad (7.9)$$

Неблокирующее свойство схемы достигается за счет увеличения числа точек коммутации $Q \approx 6{,}7710^{-6}$ (для сравнения, в трехзвенной блокирующей коммутационной схеме с тем же числом входов $Q \approx 1{,}9 \cdot 10^{6}$).

7.6. Основы цифровой коммутации

Принципы временной коммутации. При коммутации с временным разделением каналов конфигурация коммутационной схемы с пространственным разделением периодически воспроизводится в течение каждого временного интервала путем непрерывного циклического изменения соединений, существующих в течение этих интервалов.

Цифровые сигналы, сформированные путем объединения на базе временного разделения, требуют как коммутации временных интервалов, так и коммутации физических линий. Способ коммутации с разделением времени использования точек на интервалы представляет собой второе измерение коммутации и называется *временной коммутацией.*

Схемы временной коммутации строятся на базе недорогих цифровых *элементов памяти* (ЭП). Следовательно, реализация функций цифровой коммутации оказывается более дешевой, чем реализация схем с пространственным разделением. Работа схемы временной коммутации сводится главным образом к записи информации и ее считыванию из ЗУ. Принцип временной коммутации в самом общем виде представлен на рис. 7.19.

В процессе коммутации информация, поступающая по одному временному каналу, сначала записывается в ЭП, затем задерживается в течение определенного количества интервалов и передается во временном канале, с которым осуществляется соединение.

Для коммутационных систем небольшой емкости можно получить экономичные коммутационные схемы, реализующие только временную коммутацию. Однако существуют реальные ограничения на временные характеристики ЭП, которые определяют допустимую емкость блока временной коммутации.

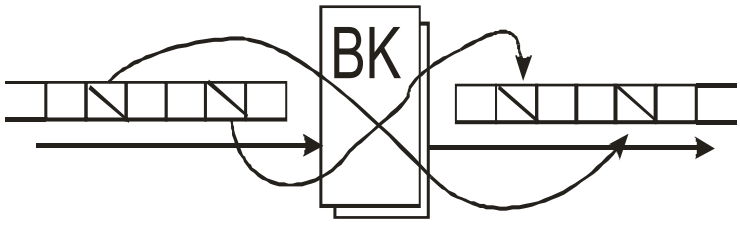


Рис. 7.19. Схема временной коммутации

Поэтому в коммутационных схемах большой емкости дополнительно вводится *пространственная коммутация.* Такие коммутационные схемы называются схемами с пространственно-временной коммутацией. Принцип пространственно-временной коммутации представлен на рис. 7.20.

В качестве примера приведено соединение 3-го временного канала (ВК) первой линии с 7-м ВК последней линии. Указанное соедине-

ние подразумевает, что информация, поступающая в 3-м временном интервале первой линии, пересылается в 7-й временной интервал последней линии. Поскольку процесс преобразования речевого сигнала в цифровую форму принципиально означает четырехпроводный режим работы, то реализуется обратное соединение путем пересылки информации из 7-го временного интервала последней входящей линии в 3-й временной интервал первой исходящей линии. Таким образом, каждое соединение требует выполнения двух пересылок информации; при этом каждая пересылка осуществляется как во времени, так и в пространстве.

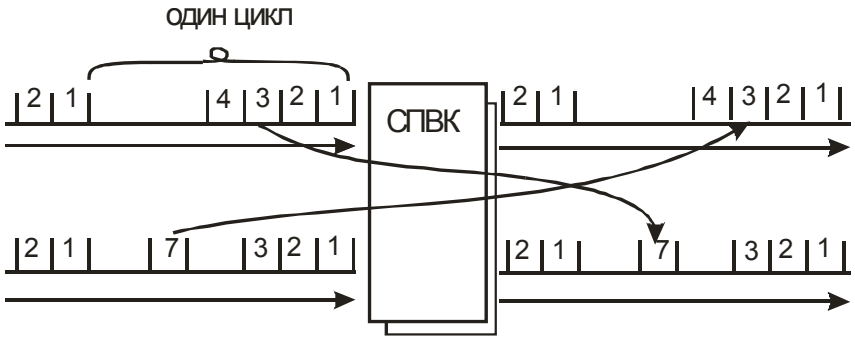


Рис. 7.20. Схема пространственно-временной коммутации

Работа звена временной коммутации. Основными элементами блока временной коммутации являются ЭП. Принцип работы цифровой коммутационной схемы на ЭП представлен на рис. 7.21.

С помощью мультиплексора и демультиплексора образуется линия с временным разделением каналов (ВРК).

Для каждого входящего временного канала необходимо обеспечить доступ к каналу записи в ЭП. Для каждого исходящего временного канала также обеспечивается доступ к каналу считывания. Обмен информацией между двумя различными временными каналами осуществляется с помощью информационной памяти (ИП).

Информация, поступающая по входящим временным каналам, последовательно записывается в ячейки ЭП. В то же время информация, поступающая в исходящие каналы, считывается из ИП по адресам, получаемым из блока управляющей памяти.

В течение каждого временного интервала к ИП производится два обращения. Первое обращение производится при записи входящей информации в ИП. Адрес записи в ИП определяется счетчиком вре-

менных каналов, путем его приращения на 1. Следовательно, *i*-й временной интервал записывается в *i*-ю ячейку ИГК. Второе обращение производится при считывании информации из ИП. Адрес считывания в *i*-м временном интервале определяется содержимым *i*-й ячейки УП.

Таким образом, для каждого временного канала (входящего и исходящего) в ИП выполняются операции записи и считывания.

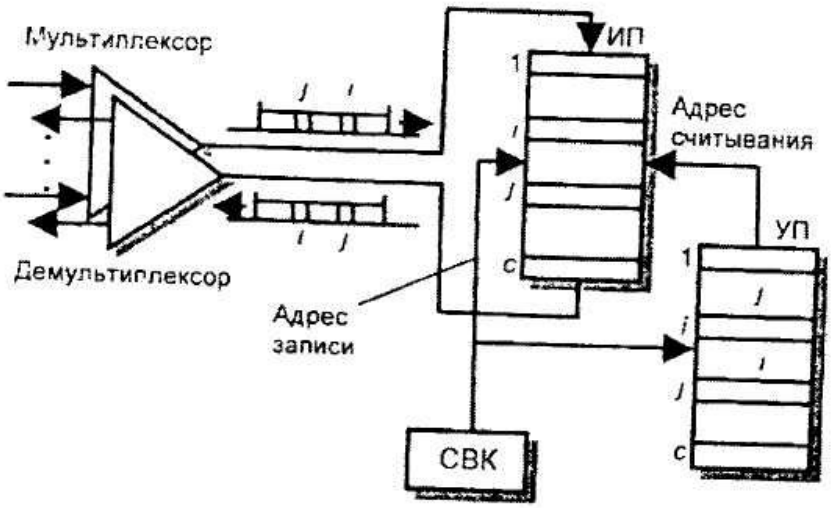


Рис. 7.21. Коммутационная схема ЭП

Тогда можно грубо оценить максимальное число каналов с, которые могут быть обслужены коммутационной схемой на ЭП

$$c=T/2t_c, \qquad (7.10)$$

где t_c, – длительность цикла обращения ЭП, мкс;

T – длительность информационного цикла, мкс.

Для обеспечения временной коммутации каналов необходимо наличие элементов задержки. Задержки удобно реализовать с помощью ЭП с произвольной выборкой. В таких ЭП запись производится по мере поступления данных, а считывание при необходимости их передачи.

Известно два способа управления работой ЭП звена временной коммутации:

- последовательная запись и произвольное считывание;
- произвольная запись и последовательное считывание.

Оба способа работы звена временной коммутации используют циклическую управляющую память, доступ к которой осуществляется синхронно с работой счетчика временных интервалов.

На рис. 7.22 показан принцип работы звена временной коммутации для первого способа управления.

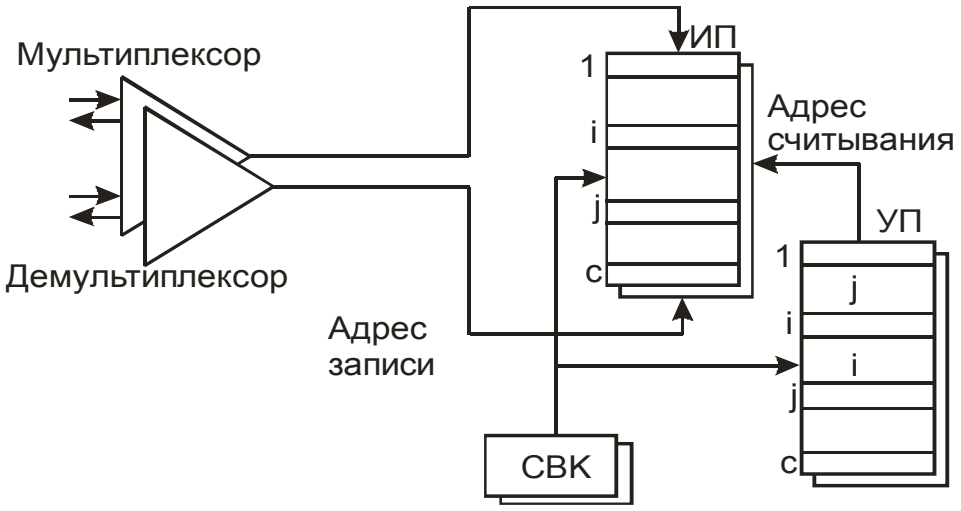


Рис. 7.22. Последовательная запись и произвольная выборка

Определенные ячейки памяти закрепляются за соответствующими временными интервалами (ВИ) входящей линии. Информация каждого входящего ВИ запоминается в последовательных ячейках памяти, что обеспечивается увеличением на 1 содержимого счетчика ВИ. Таким образом, информация, принятая в течение 3-го ВИ, запоминается в 3-й ячейке ЭП.

При считывании из ИП управляющая информация, поступающая из управляющей памяти, определяет адрес считывания информации для заданного ВИ. Согласно рис. 7.23 седьмое слово управляющей памяти содержит число 3. Следовательно, в течение 7-го ВИ должно быть считано и передано по исходящей линии содержимое ИП по адресу 3.

Второй способ работы звена временной коммутации (рис. 7.23) является противоположностью первого. Поступающая на вход информация записывается в ячейки ИП в соответствии с адресом, хранящимся в управляющей памяти УП. Однако считывание информации из ИП производится последовательно ячейка за ячейкой под управлением счетчика временных интервалов.

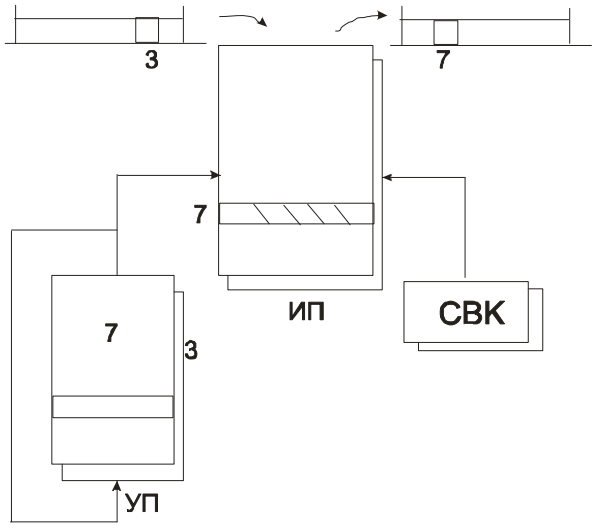


Рис. 7.23. Произвольная запись и последовательная выборка

В примере на рис. 7.23 информация, принятая в течение 3-го ВИ, записывается непосредственно в ИП по адресу 7, откуда автоматически считывается в 7-й исходящий временной канал. В многозвенных коммутационных схемах удобно один способ работы использовать на одном звене временной коммутации, а второй способ на другом звене.

Коммутация каналов в схеме В-П-В. В настоящее время в системах коммутации большой емкости используются коммутационные схемы типа *время-пространство-время (В-П-В).* Общая структура коммутационной схемы типа *В-П-В* представлена на рис. 7.24.

Рассмотрим пример соединения 3-го временного канала первой линии с 7-м временным каналом последней линии. Информация, поступающая в 3-м временном интервале 1-го входящего канала с ВРК (на звене Б), задерживается и передается в одном из свободных временных интервалов звена пространственной коммутации *П* (например интервал 22).

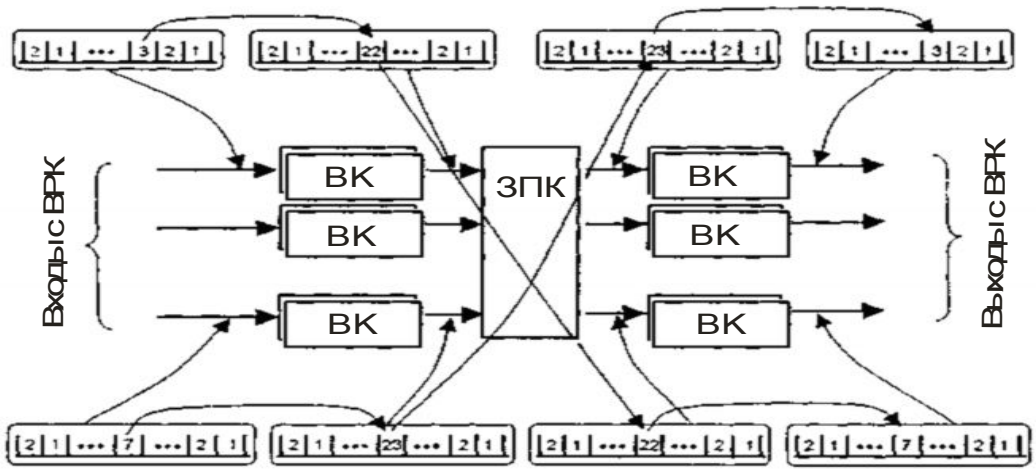


Рис. 7.24. Коммутационная схема типа В-П-В

Временные интервалы звена *П* называют *внутренними временными интервалами.* Временные интервалы звена *В* называют *внешними временными интервалами.* При этом во внутреннем интервале 22 происходит пространственная коммутация входа 1 со входом N звена *П,* т. е. в течение 22-го интервала через звено *П* информация передается с 1-го входного на N-е выходное звено временной коммутации. На выходном звене временной коммутации информация задерживается и хранится до тех пор, пока не наступит требуемый 17-й внешний временной интервал.

В коммутационной схеме В-П-В звено пространственной коммутации работает с разделением во времени независимо от внешних каналов с ВРК.

Коммутация на звене *П* осуществляется под управлением управляющей памяти УП *Неблокирующая коммутационная схема В-П-В.* Работа коммутационной схемы *В-П-В* аналогична работе трехзвенной схемы пространственной коммутации *П-П-П.*В коммутационной схеме *В-П-В* блокировки могут возникать в тех случаях, когда нет свободных внутренних временных интервалов звена пространственной коммутации. Рассмотрим коммутационную схему *В-П-В,* коммутирующую N цифровых каналов (рис. 7.25) .

На вход каждого временного коммутатора (ВК) поступает *n* канальных интервалов. Следовательно, число ВК во входном звене временной коммутации (первая ступень) равно *N/n.* Пусть число внутренних временных интервалов больше числа внешних вре-

менных интервалов *k>n*. Цикл коммутации на входе и выходе ВК первой ступени коммутации.

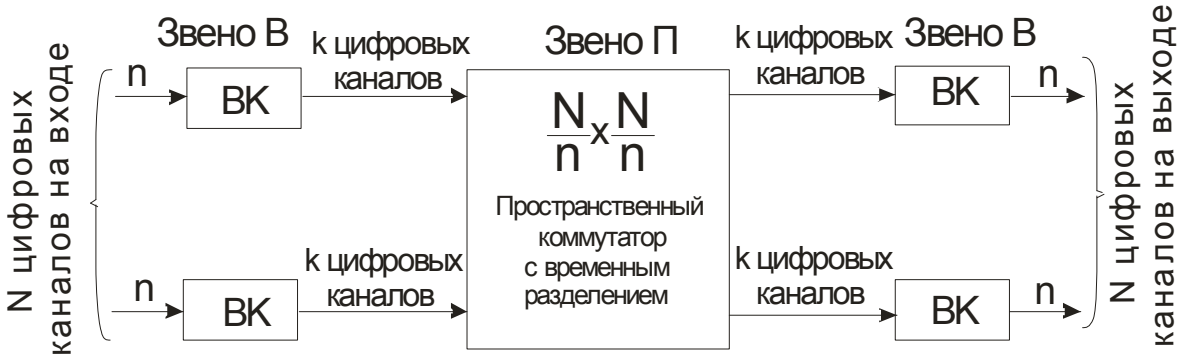


Рис. 7.25. Коммутационная схема типа В-П-В

Все входные ВК соединяются с одним пространственным коммутатором емкостью *N/nxN/n*. *В* свою очередь, каждый из *N/n* выходов пространственного коммутатора соединяется с ВК третьей ступени, который имеет *k* канальных интервалов на входе и *n* канальных интервалов на выходе.

Пусть в одном из входных ВК заняты *n-1* из n внешних (входных) временных интервалов. В этом случае также заняты *n-1* из *k* внутренних временных интервалов в пространственном коммутаторе. Предположим, что по оставшемуся свободным внешнему (входному) временному интервалу того же самого ВК поступает вызов, который требует соединения с одним из *N/n* выходных ВК.

Такая коммутационная схема при k ≥ 2n-1 является *неблокирующей*. Следовательно, коммутационная схема *типа В-П-В* полностью аналогична схеме типа *П-П-П*.

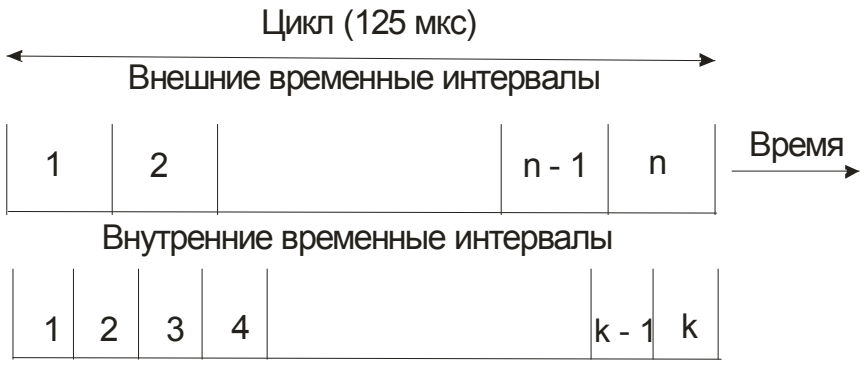


Рис. 7.26. Коммутационная схема типа В-П-В

Пусть в этом выходном ВК уже заняты n-1 внешних (выходных) временных интервалов. При этом также заняты еще n-1 из *k* внутренних временных интервалов. В худшем случае эти два подмножества по *n*-1 соединений в точке пространственного коммутатора не пересекаются, как показано на рис. 7.26.

Для того чтобы можно было установить соединение, должен оставаться, по крайней мере, один свободный внутренний временной интервал, общий для обоих ВК (показан в конце цикла на рис. 7.27).

Условие, при котором выполняется это событие, записывается в виде

$$K=(n-1) + (n-1) = 2\,(n-1). \qquad (7.11)$$

В этом случае гарантируется неблокируемость коммутационной схемы типа *В-П-В*.

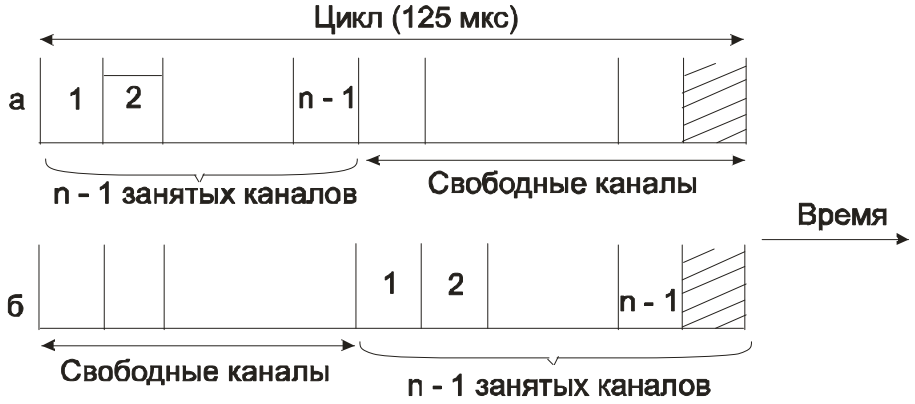


Рис. 7.27. Условие неблокируемости коммутационной системы В-П-В

7.7. Принципы построения цифровых коммутационных полей

Можно отметить следующие особенности построения многозвенных цифровых КП.

1.*Строятся по модульному принципу.* Модульность позволяет обеспечить легкую приспосабливаемость системы к изменению емкости, простоту эксплуатации и технологичность производства за счет сокращения разнотипных блоков.

2.*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. Именно симметричные цифровые КП удобнее всего строить на однотипных модулях.

3. *Являются дублированными.* При этом обе части 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 резерве и в случае неполадок или сбоев в активной части происходит автоматическое переключение.

4. *Являются четырехпроводными.* Это связано с тем, что цифровые линии, по которым передаются уплотненные ИКМ сигналы, тоже четырехпроводные.

Цифровые коммутационные поля всегда строятся по принципу временного разделения каналов. Она заключается в коммутации содержимого некоторой временной позиции в уплотненной линии приема на другую временную позицию в уплотненной линии передачи. Такой процесс коммутации требует смены временной позиции и смены уплотненной линии. Поэтому в цифровой коммутационной аппаратуре имеются два различных типа ступеней коммутации:

• коммутационные ступени для замены временных положений без смены уплотненной линии (временная ступень, или ступень В);

• коммутационные ступени для замены уплотненных линий без изменения временных положений. На рис. 7.28 показаны три основные части ступени временной коммутации. Входной мультиплексор распределяет сигналы, поступающие по N уплотненным линиям приема, каждая из которых имеет r_1 n временных положений, на n уплотненных линий, которые, в свою очередь, имеют по r_2 временных положений.

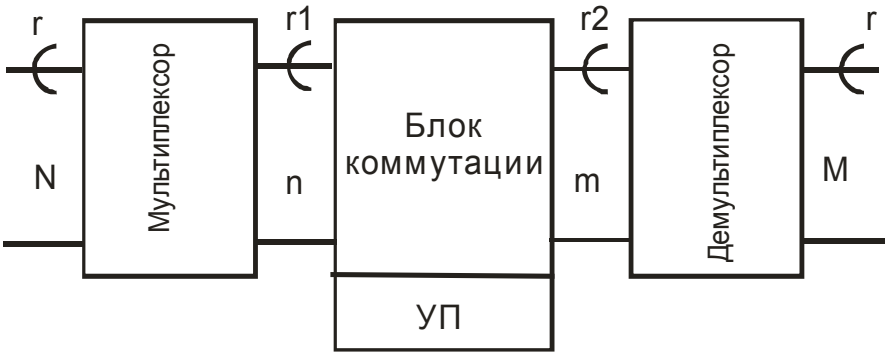


Рис. 7.28. Модель КП с временным разделением

Аналогично работает и выходной демультиплексор. Коммутационное устройство осуществляет процесс коммутации, заменяя вре-

менную позицию передающего абонента на временную позицию принимающего абонента в соответствии с адресом, находящимся в управляющей памяти (УП).

Основываясь на этой общей модели, можно подробнее описать пространственные и временные блоки коммутации. С точки зрения схемотехники, пространственный блок состоит из мультиплексоров, включенных параллельно и управляемых адресами из управляющей памяти (рис. 7.29. Пространственную схему можно выполнить также многозвенной в виде схемы с промежуточными связями. В свою очередь, временной блок состоит из некоторого числа запоминающих ячеек для хранения сигналов циклов.

В пространственном блоке число временных положений остается неизменным, поэтому для него действительно соотношение $r_1 = r_2$. Временной блок характеризуется тем, что неизменным остается число уплотненных линий и для него действительно соотношение $n = m$.

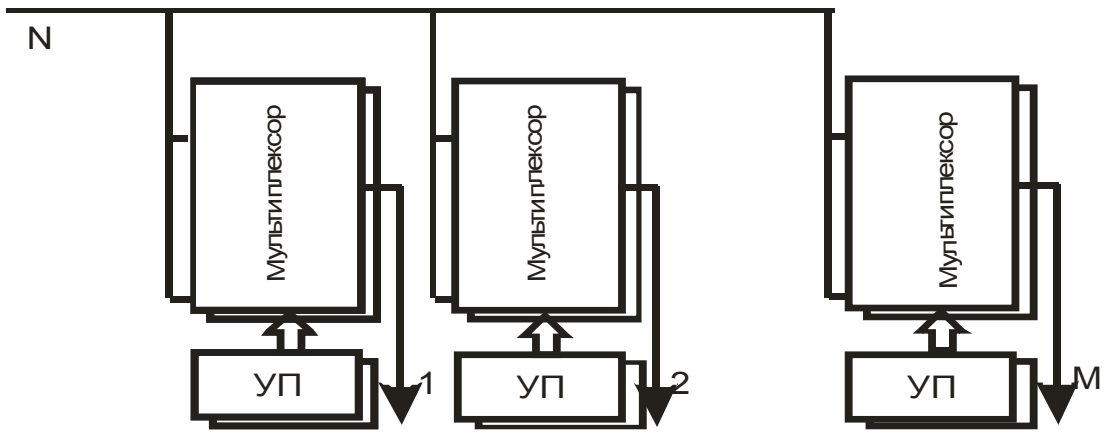


Рис. 7.29. Коммутационный блок с пространственной коммутации (NxM)

Группообразование коммутационных полей. Деление коммутационного поля на блоки пространственной и временной коммутации определяет характеристики и стоимость коммутационной системы. При расчетах параметров коммутационной аппаратуры с временным разделением для нее составляется эквивалентная схема с пространственным разделением. Эквивалентная схема составляется следующим образом (рис. 7.30):

• пространственная схема размера $n \times m$ с r_1 временными интервалами представляется в виде r_1 коммутационных схем размера $n \times m$;

• временная схема с n элементами памяти (ЭП) и r_1 или r_2 временными интервалами представляется в виде n коммутационных схем размера r_1 x r_2;

• уплотненная линия с r временными интервалами представляется в виде r отдельных линий.

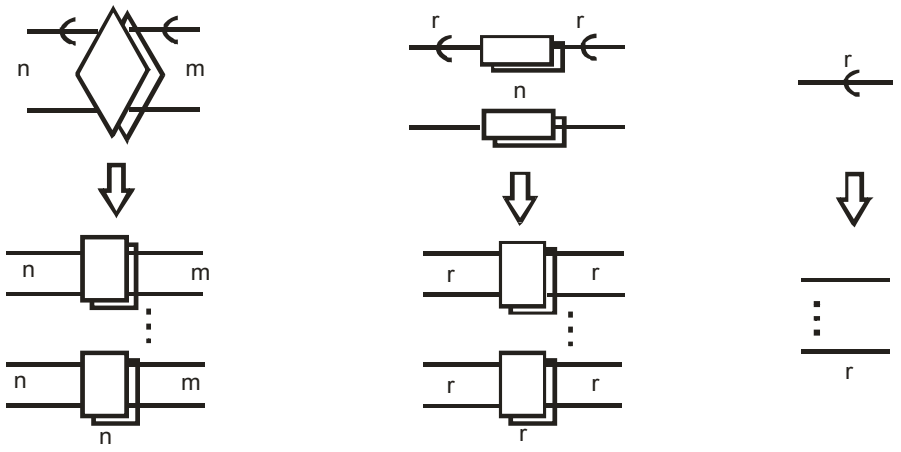


Рис. 7.30. Эквивалентное преобразование КБ с ВР в блоки с ПР

На рис. 7.31 и 7.32 изображены структуры «время-пространство» и «пространство-время», а также соответствующие эквивалентные схемы.

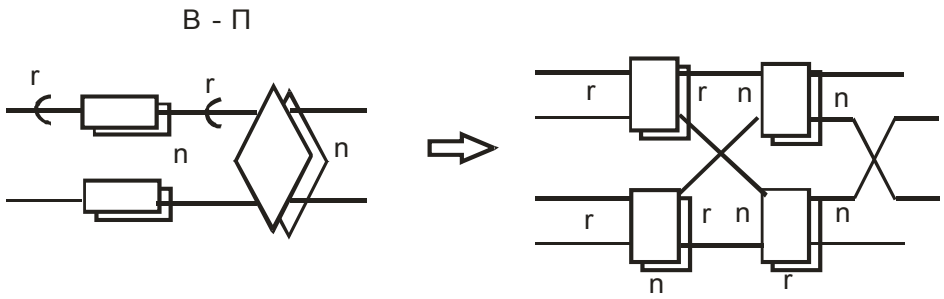


Рис. 7.31. Группообразование В-П

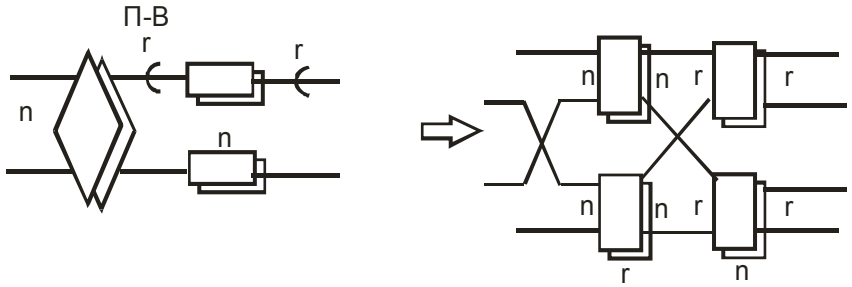


Рис. 7.32. Группообразование П - В

На рис. 7.33 показан пример преобразования структуры *В-П-В* в эквивалентную схему с пространственным разделением.

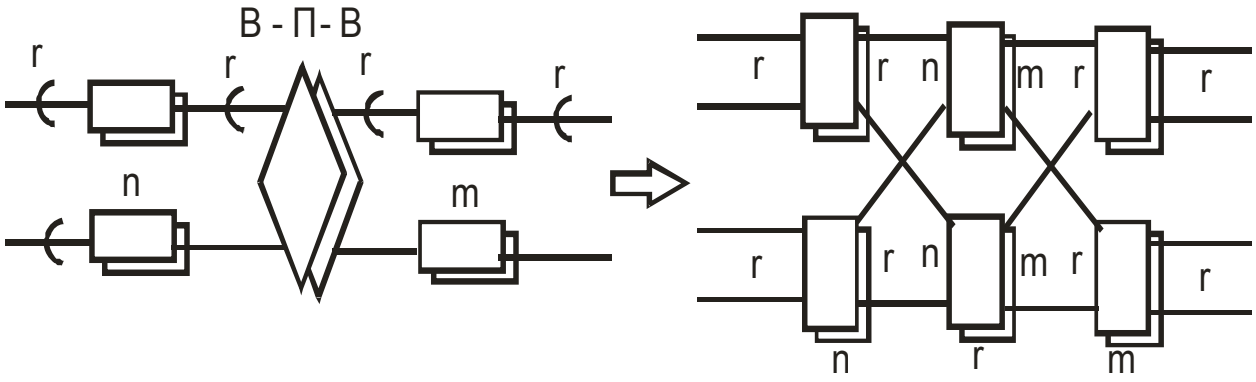


Рис. 7.33. Группообразование В-П-В

7.7.1. Классификация цифровых КП

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.

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 демультиплексированием (DMUX) цифровых групповых трактов.

1. Базовая структура: ***Sxk-Txr-Sxk.*** Подструктура:

MUX -S x k-T x r- S x k- DMUX.

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

1.Базовая структура: ***Txk-Sxr-Txk***. Подструктура:

MUX -Txk-Sxr-Txk- DMUX.

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

3. Базовая структура: ***S/Txk-Sxr-S/Txk***. Подструктура:
MUX-*S/Txk-Sxr-S/Txk*-DMUX.

4. Базовая структура: *S/Txk* Подструктура: **MUX-*S/Txk*-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.

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.

Исходя из этого, с учетом стремительного развития полупроводниковых БИС, становится выгодным строить ЦКП с полной временной и уменьшенной пространственной ступенями коммутации.

7.7.2. Цифровые КП первого класса

Цифровые поля первого класса объединяют все симметричные КП, состоящие из *Т*- 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 *Т*-, 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. 7.34. Первый и третий каскады имеют по одному пространственному коммутатору *NxM* цифровых трактов, а второй каскад содержит Т-ступень, состоящую из М временных коммутаторов. При использовании ЦСП ИКМ-30 и пространственных коммутаторов 16х16 емкость КП составит 512 канальных интервалов.

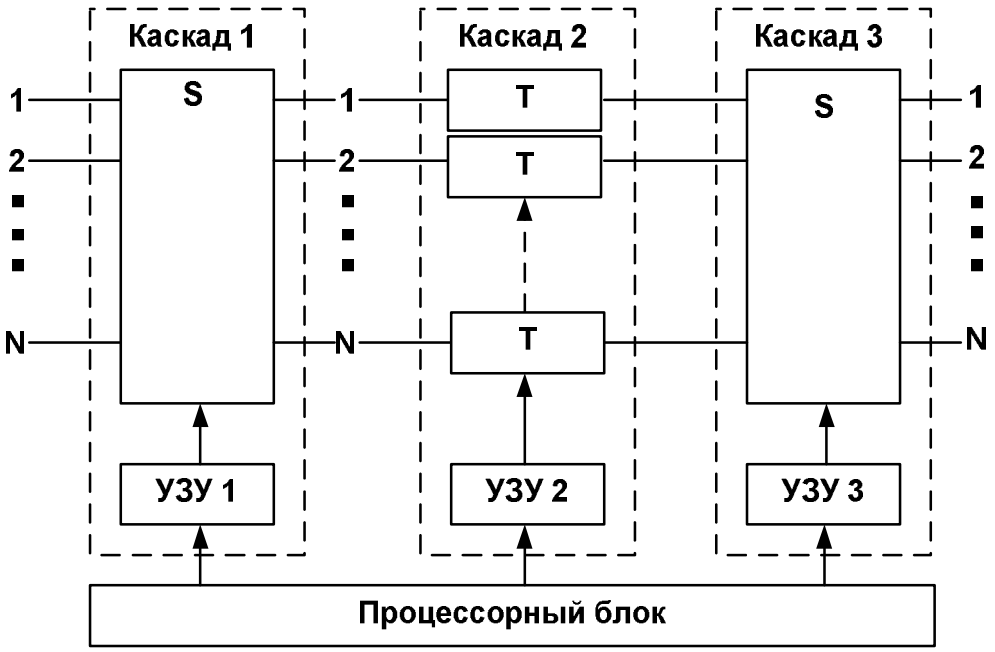


Рис. 7.34. Базовая структура цифрового КП первого класса

Ступень пространственной коммутации может выполняться на ПЛМ и на мультиплексорах. Максимально большая многокаскадная S-матрица 96х96 использовалась в System X (Великобритания). Однако уже на первых этапах реализации таких КП стали применять не базовую структуру, а ее подструктуру (рис. 7.35), поскольку это позволяет значительно увеличить емкость коммутационного поля. Трехзвенные цифровые КП такого вида могут иметь емкость порядка 16 тыс. канальных интервалов.

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.

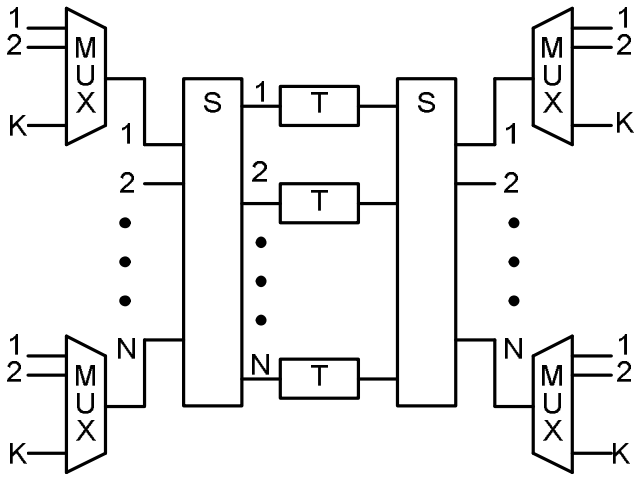


Рис. 7.35. Подструктура цифрового КП первого класса

7.7.3. 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 на рис. 7.37.

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 фактически обеспечивает вторичное уплотнение входящих цифровых трактов, а последующее демультиплексирование 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.

Цифровые КП типа В-П-В

Уменьшение стоимости элементов памяти в начале 70-х годов позволило начать внедрение цифровых КП типа *В-П-В*. Среди синхронных КП этого типа наибольшее распространение получили подструктуры с применением предварительного мультиплексирования и последующего демультиплексирования. Для таких КП характерны следующие особенности:

• применение дополнительных ступеней пространственной коммутации увеличивает емкость и пропускную способность поля, но не влияет на принципы его функционирования;

• предварительное мультиплексирование обеспечивает уплотнение входящих цифровых трактов, а последующее демультиплексирование восстанавливает их, что приводит к увеличению пропускной способности цифрового КП без применения дополнительных П-ступеней;

• для увеличения скорости обработки данных в КП на входе, как правило, производят преобразование последовательного кода в параллельный. Для этого на каждой входящей линии устанавливается преобразователь последовательно-параллельного типа, а на выходящей – параллельно-последовательного.

Большинство трехзвенных цифровых КП типа *В-П-В* имеют коммутационную структуру *MUX-B-H-B-DMUX*. В такие КП можно включать свыше 60 тыс. канальных интервалов или, при использовании концентраторов, свыше 100 тыс. абонентских линий. Пример структурной схемы КП показан на рис. 7.36.

Практически все производители цифровых АТС осуществляли увеличение емкости трехзвенного КП в основном за счет увеличения размера П-ступени. Однако при определенных условиях это приводит к ряду технических затруднений и повышению стоимости поля. Поэтому экономически выгоден стал переход к структурам с большим количеством звеньев. В целом наибольшее распространение получили следующие структуры цифровых КП: *П-В-П*.

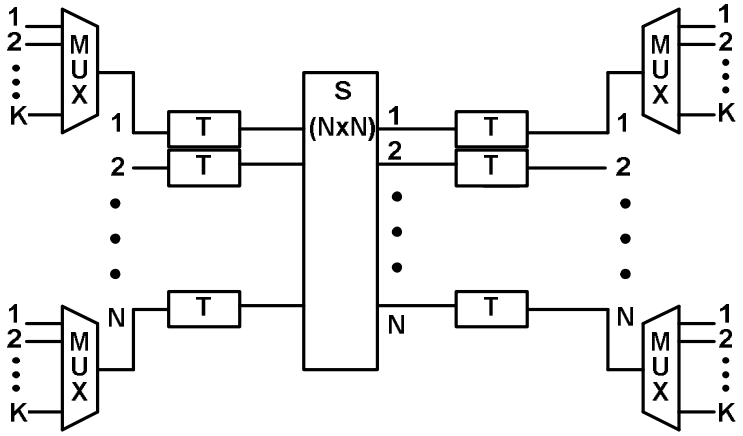


Рис. 7.36. Структуры цифрового КП второго класса

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 и параметрами *S*-ступени. Например, при емкости входящей Т-ступени равной 512 КИ и пространственном коммутаторе 32х32 емкость КП составит 16384 канальных интервалов.

7.7.4. Цифровые КП третьего класса

Поля этого класса (рис. 7.37) 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-S/T* к более сложным *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.

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.

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.

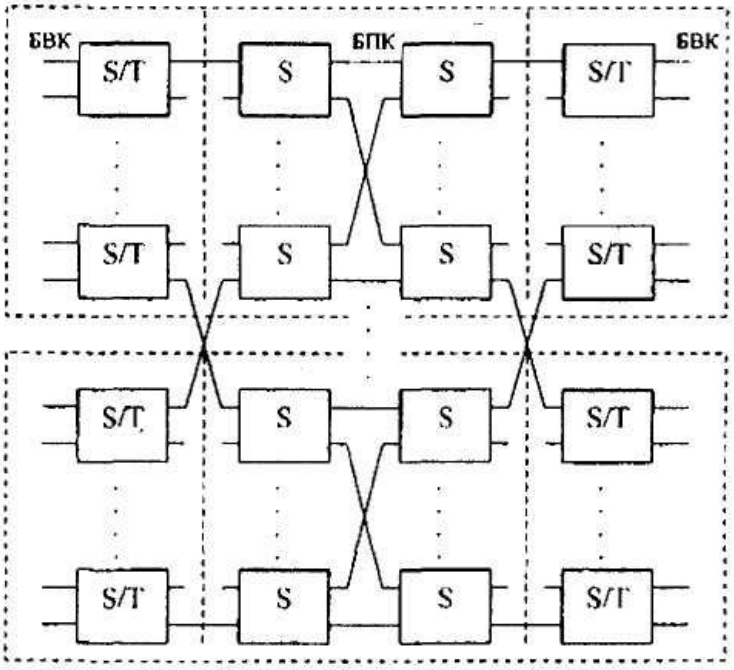


Рис. 7.37. Структуры цифрового КП третьего класса

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.

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.

7.7.5. 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. 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. 7.38.

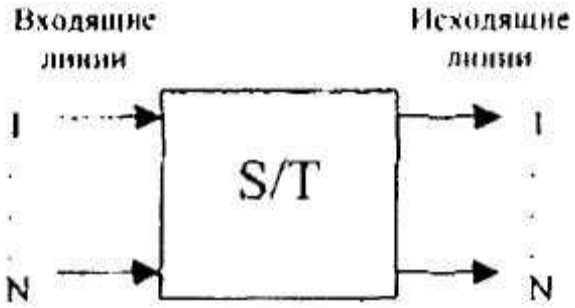


Рис. 7.38. Структуры цифрового КП четвертого класса

Рассмотрим структурную схему КП типа S/T (рис. 7.39)

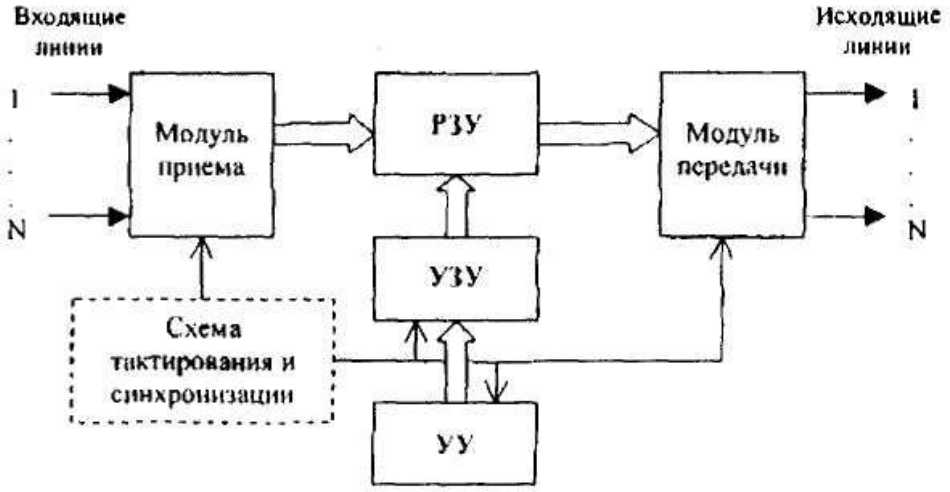


Рис. 7.39. Структурная схема цифрового КП типа S/T

Сигналы, поступающие по входящим ИКМ линиям на вход коммутационной схемы, преобразуются в модуле приема к виду, необходимому для передачи по внутренним шинам.

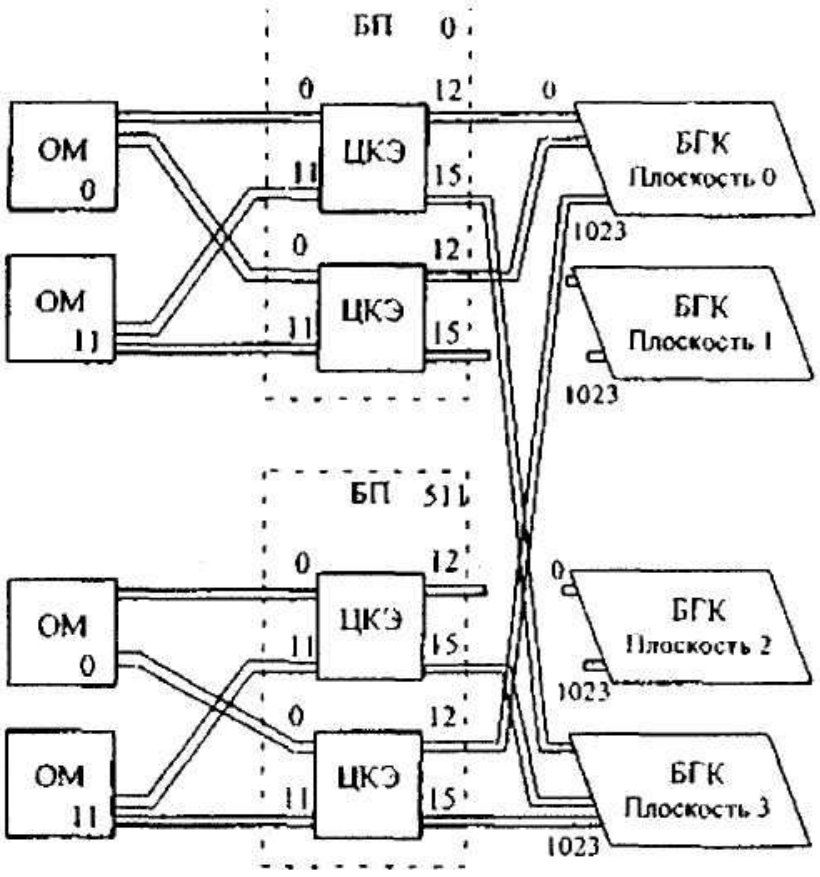
Преобразованное содержимое каждого временного интервала приема записывается в схемы речевого ЗУ S/T-ступени в ячейку памяти, адрес которой указывается модулем управления записью (на схеме не показан). Как правило, в цифровых КП четвертого класса применяется метод последовательной записи, поэтому модуль 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.

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.

7.7.6. Кольцевые цифровые КП

Впервые цифровое КП такой структуры было реализовано в цифровой АТС ITT1240 (США). Структура многозвенного КП системы ITT1240 представлена на рис. 7.40. Каждое звено этого поля образуют кольцевые ЦКЭ. Как видно из рисунка, цифровое КП состоит из блоков подключения (БП) и блока групповой коммутации (БГК).



Первое звено Второе, третье, четвертое звено
ЦКЭ - цифровой коммутационный элемент
Рис. 7.40. Построение кольцевого КП АТС ITT1240

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

Все ОМ подключаются к БП через оконечные интерфейсы своих управляющих устройств. Каждый ОМ связан трактом 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 с каждой плоскостью БГК. При максимальной емкости цифрового КП имеются ***512 БП*** и ***4 плоскости*** с тремя звеньями коммутации. Структура БГК показана на рис. 7.42. Цифровое КП ITT 1240 обеспечивает возможность получения нескольких градаций емкости за счет добавления одного или нескольких ЦКЭ. Способ

расширения цифрового КП показан на рис. 7.42. Как видно из рисунка, поле минимальной конфигурации содержит один БП без БГК (на рис. 7.41. такая конфигурация обозначена буквой *A). B* этом случае для подключения ОМ можно использовать 12 портов каждого ЦКЭ, а 4 порта остаются незадействованными и предназначены для будущего расширения поля.

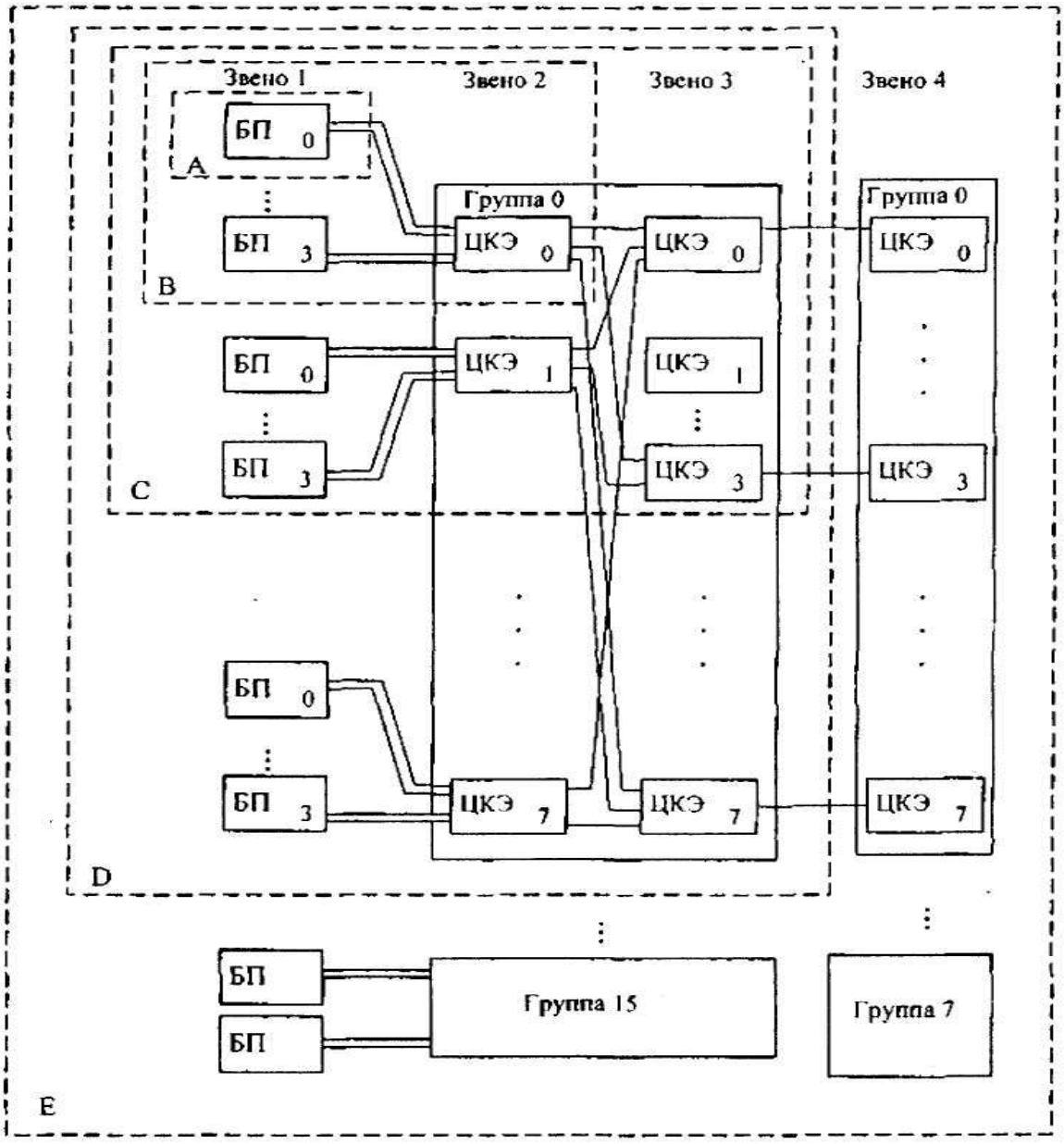


Рис. 7.41. Расширение кольцевого КП ITT 1240

ГЛАВА 8. АНАЛОГОВЫЕ СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ

8.1. Декадно-шаговые АТС (АТСДШ)

Коммутационные приборы АТСДШ. В качестве основных коммутационных приборов АТСДШ применяются электромеханические искатели – приборы с одним входом и *m* выходами и способные подключать вход к любому из выходов. Искатели управляются импульсами, поступающими в движущий механизм. При этом каждый импульс перемещает щетку на один шаг с одной ламели на другую, соседнюю. Подобные искатели называют шаговыми.

Движущий механизм состоит из электромагнита и якоря с пружиной и собачкой. При поступлении импульса тока в обмотку электромагнита якорь притягивается к сердечнику. Во время перемещения якоря собачка, упираясь в зуб храпового колеса, поворачивает его, а вместе с ним и щетку на один шаг.

По окончании импульса якорь под действием пружины отходит от сердечника, при этом собачка, скользя по скосу, перескакивает на следующий зуб храпового колеса. Число шагов щетки будет соответствовать числу поступивших импульсов.



Рис. 8.1. Устройство шагового искателя



Рис. 8.2. Устройство декадно-шагового искателя

Широкое применение в системах АТС нашли декадно-шаговые искатели ДШИ, имеющие 100 выходов с декадным построением контактного поля.

Ламели расположены в десяти рядах по десять штук в каждом ряду. Щетка искателя совершает два последовательных движения – подъемное и вращательное под действием движущего механизма, имеющего два электро-магнита с якорями.

Управляющие импульсы тока вначале поступают в обмотку подъемного электромагнита, а затем в обмотку электромагнита вращения. При срабатывании подъемного электромагнита собачка, укрепленная на якоре, поднимает зубчатую рейку, а вместе с ней и щетку на один шаг вверх. При отпускании якоря собачка перескакивает на следующий зуб рейки. При каждом последующем импульсе, поступающем в обмотку, процесс повторяется. Число оступивших импульсов определит номер декады, напротив которой остановится щетка.

Каждый импульс, поступающий в обмотку вращающего электромагнита, поворачивает храповой полуцилиндр, а вместе с ним и щетку вокруг оси на один шаг в избранной декаде. При отпускании электромагнита собачка, скользя, перескакивает на следующий зуб полуцилиндра. Число поступивших импульсов определяет номер ламели в декаде, на которой остановится щетка.

8.2. АТСДШ со ступенями ПИ и ЛИ (100 номеров)

Построение АТС, при котором для каждой абонентской линии устанавливается ЛИ, является неэкономичным, поскольку требуется большое число дорогих *декадно-шаговых искателей.* Кроме того, каждый из 100 установленных ЛИ будет иметь малый коэффициент использования. Между 100 абонентами максимальное число возможных одновременных разговоров может быть не более 50. Однако наблюдениями установлено, что обычно одновременно участвуют в соединении 10–15 % от общего числа абонентов на АТС. Поэтому для обслуживания вызовов от 100 абонентов достаточно иметь 10–15 линейных искателей.

При этом необходимо предусмотреть такой порядок, чтобы любой из искателей, если он свободен, мог быть предоставлен во временное пользование любому абоненту, производящему вызов.

Исходя из вышеизложенного, такие искатели необходимо сделать приборами коллективного пользования. Для этого на каждую абонентскую линию устанавливается более дешевый индивидуальный *шаговый искатель* малой емкости (на 10 линий), называемый *предварительным искателем* (ПИ), который бы обеспечивал подключение АЛ вызывающего абонента к свободному в данный момент ЛИ. Функциональная схема такой АТСДШ на 100 номеров с 10 ЛИ и 100 ПИ представлена на рис 8.3. Схема является полнодоступной, т. к. каждый ЛИ доступен любому абоненту.

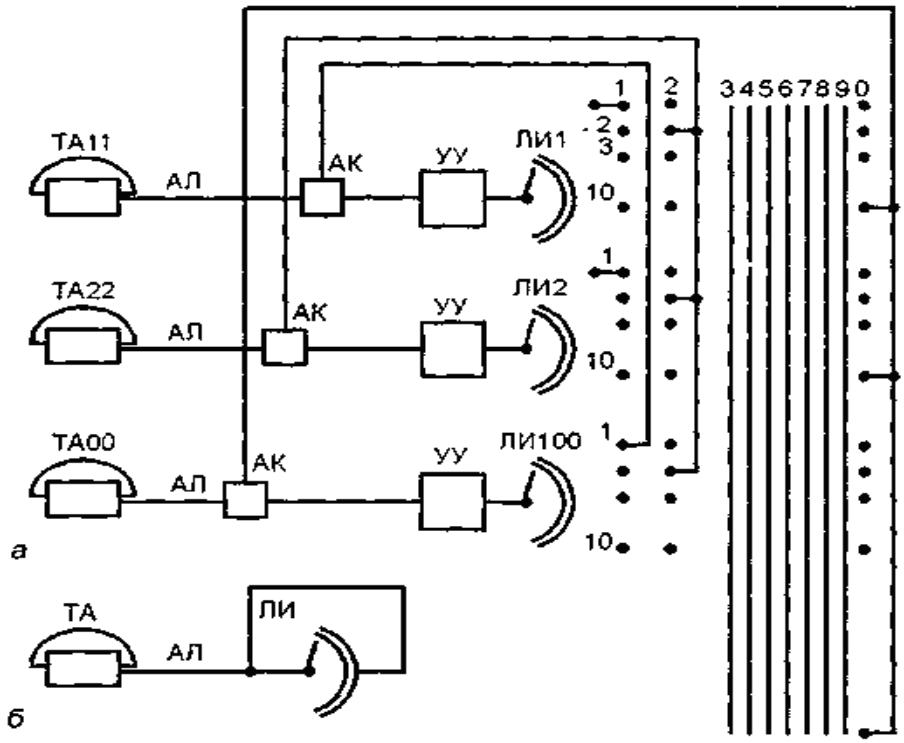


Рис. 8.3. Структурная схема АТСДШ на 100 номеров со ступенями ПИ и ЛИ

В качестве ПИ использован шаговый искатель типа ШИ-11, а в качестве ЛИ – декадно-шаговый искатель типа ДШИ-100 Процесс установления соединения протекает следующим образом. При вызове абонентом АТС приводится в движение щетка ПИ, отыскивающая в своем поле выход к свободному в данный момент ЛИ. Из управляющего устройства ЛИ абонент получает сигнал «Ответ станции», после чего приступает к набору номера ТА вызываемого абонента.

8.3. АТСДШ со ступенями ПИ, ЛИ и ГИ (1000 номеров)

Более эффективным построением АТС, емкость которых превышает емкость контактного поля искателей (100 линий), является применение *группообразования.* Сущность группообразования состоит в том, что общая емкость АТС делится на группы, емкость которых равна емкости контактного поля ЛИ. Например, АТС на 1000 номеров целесообразно разбить на 10 групп по 100 номеров в каждой Для выбора группы, в которой находится нужная абонентская линия, устанавливается специальный коммутационный прибор, называемый *групповым искателем* (ГИ), а совокупность этих приборов – *ступенью группового искания* (ступень ГИ)

Рассмотрим принцип группообразования на примере АТСДШ емкостью N = 1000 номеров (рис 8.4). На ступенях ЛИ и ГИ применяются искатели типа ДШИ-100, а на ступени ПИ - ШИ-11.

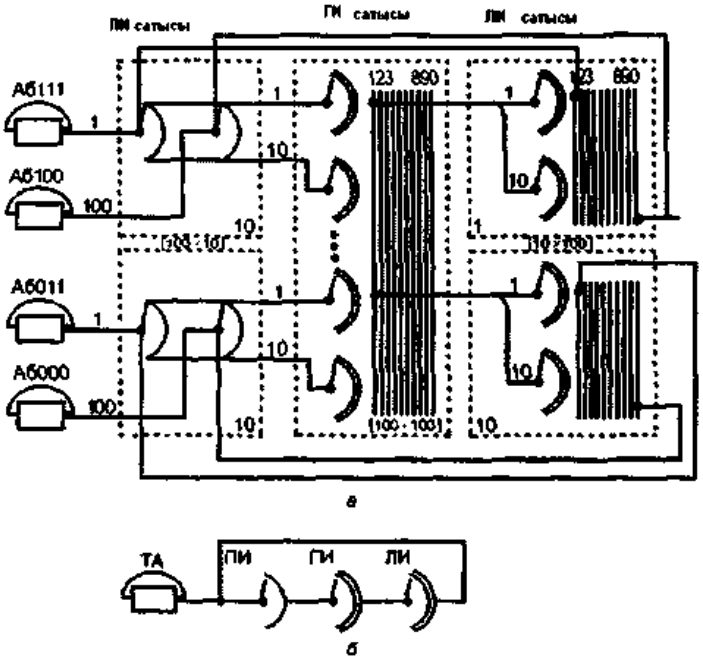


Рис. 8.4 АТСДШ на1000 номеров

Общая емкость АТС делится на 10 групп, при этом каждая из них на ступени ЛИ формируется десятью ДШИ, в контактное поле которых многократно включено 100 АЛ. Таким образом, для каждой группы получается однозвенный коммутационный блок [10х100]. Десять таких блоков формируют на выходе АТС звено коммутации [100х1000].

Ступень ГИ построена на коммутационных приборах типа [1х100] и представляет собой коммутационный блок [100х100], имеющий 100 входов и 100 выходов.

Ступень ПИ построена на приборах [1х100], объединенных в 10 блоков на 100 входов и 10 выходов каждый [100х10], образованных путем объединения выходов коммутационных приборов. Таким образом, 10 сотенных групп на ступени ПИ образуют на входе АТС звено коммутации [1000х100].

Для выбора требуемой группы на АТС устанавливается ступень ГИ, реализованная на искателях типа ДШИ-100, одноименные выходы которых запараллелены. Входы каждой группы ступени ЛИ параллельно включаются в отдельную декаду всех ДШИ ступени ГИ. Таким образом, от первой декады ГИ образуется 10 выходов, которые подключаются к 10 щеткам ЛИ, обслуживающих первую сотню абонентов, от второй декады соответственно 10 выходов к десяти ЛИ, обслуживающих вторую сотню абонентов и т. д.

Нумерация абонентских линий на такой АТС трехзначная. При снятии абонентом трубки приходят в движение щетки ПИ, принадлежащего вызывающей линии, и отыскивается свободный ГИ, откуда абоненту посылается сигнал «Ответ станции». Абонент набирает первую цифру номера (цифру сотен), при этом ГИ совершает вынужденное движение, поднимая щетки на соответствующую набираемой цифре декаду. Этим самым производится выбор сотенной группы, в которой находится вызываемый абонент. После этого щетки ГИ совершают свободное вращательное движение в пределах выбранной декады, отыскивая выход к свободному. ЛИ в пределах выбранной сотенной группы.

Поиск свободного выхода к ЛИ осуществляется в межсерийном интервале времени между окончанием первой серии импульсов и поступлением второй. Далее абонент набирает цифру десятков и единиц, посылая две серии импульсов, которые воспринимаются соответственно подъемным и затем вращательным электромагнитами ЛИ. Щетки ЛИ устанавливаются на тех выходных контактах ЛИ (ламелях), в которые включена линия вызываемого абонента. После проверки линий на занятость посылается вызов в линию вызываемого абонента и после ответа абонента устанавливается разговорный тракт. Таким образом, групповой искатель совершает вынужденное

движение при выборе направления (декады) и свободное искание свободного выхода в выбранном направлении.

8.4. АТСДШ емкостью 10000 номеров

Для дальнейшего увеличения емкости АТС следует ввести вторую ступень группового искания. Предельная емкость АТС при этом возрастает до 10000 номеров. Нумерация абонентских линий должна быть четырехзначной (0000...9999). Упрощенная схема АТС с двумя ступенями ГИ на 10000 номеров представлена на рис. 8.5.

Первая цифра должна поступать на I ГИ для поиска нужной тысячной группы, вторая – на II ГИ для поиска сотенной группы в этой тысяче и последние две цифры поступают на ЛИ для подключения к линии вызываемого абонента в данной сотенной группе. Функции I ГИ и II ГИ по поиску линий полностью совпадают. В обоих приборах подъемные движения вынужденные, а вращательные движения свободные.

Введение в АТСДШ третей ступени ГИ позволяет увеличить емкость телефонной сети до 80000 номеров.

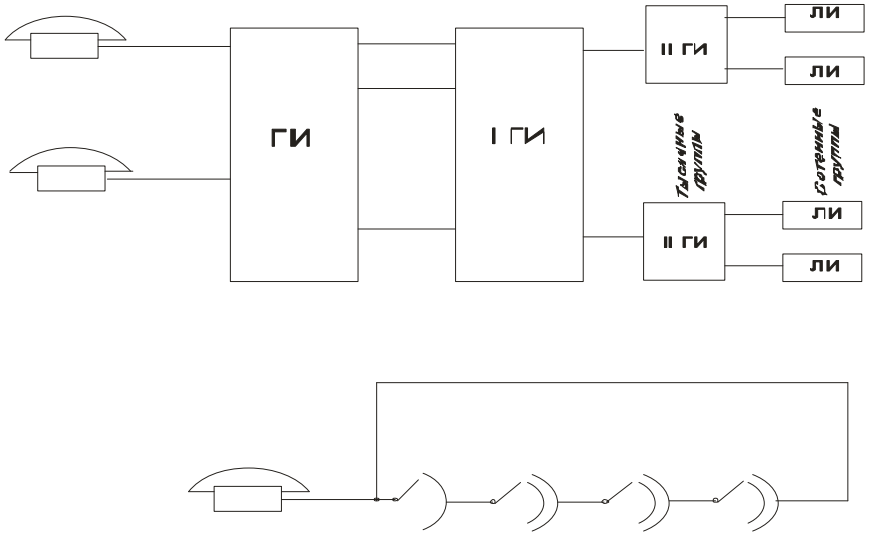


Рис. 8.5. АТСДШ на 10000 номеров

Число таких АТС теоретически не может превышать 8 из-за невозможности использования в качестве первой цифры 0 (индекс выхода на узел спецслужб) и 8 (индекс выхода на междугородную

связь). Такая сеть имеет пятизначную нумерацию, где первая цифра определяет код АТС, остальные четыре – номер абонента АТС.

На рис. 8.6 показана функциональная схема АТСДШ с индексом «2» и емкостью 10000 номеров, учитывающая включение других АТС.

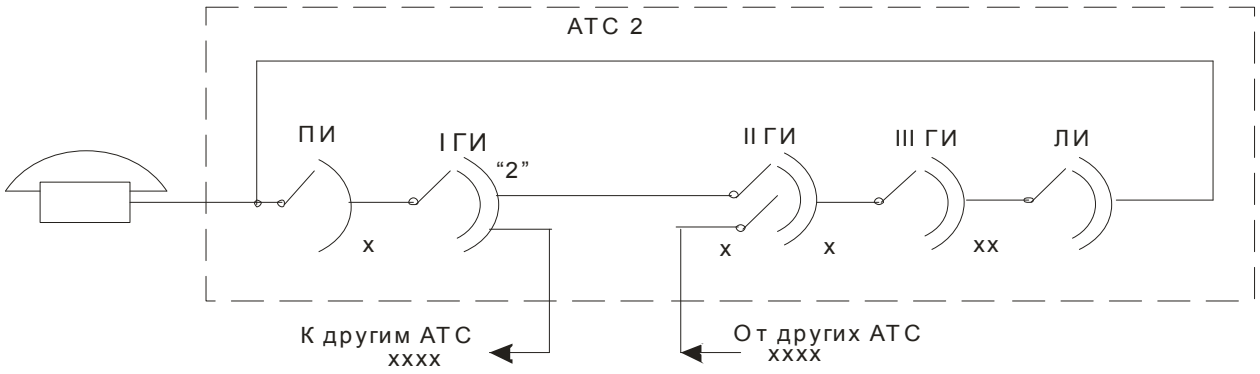


Рис. 8.6. Функциональная схема АТСДШ с пятизначной нумерацией

На телефонной сети с предельной емкостью 800000 абонентов АТСДШ строится по схеме с четырьмя ступенями ГИ.

8.5. Управление коммутацией в АТСДШ

Установление соединения между входом и выходом коммутационного поля узла связи осуществляется под воздействием управляющих сигналов, поступающих на коммутационные приборы соответствующих ступеней и звеньев коммутационного поля. Для управления процессом установления соединений на коммутационных узлах устанавливаются *управляющие устройства* (УУ), которые взаимодействуют с приборами коммутационного поля, а также с линейными и станционными комплектами.

В АТСДШ используются *индивидуальные управляющие устройства. В* этом случае каждый коммутационный прибор имеет индивидуальное УУ, осуществляющее управление этим прибором в процессе установления соединения. Такое УУ занимается на время установления соединения и на время разговора между абонентами.

Если на АТС имеется несколько ступеней искания (рис. 8.7), то управление коммутационными приборами на соответствующих ступенях производится последовательно по мере набора номера в соответствии с набираемыми цифрами.

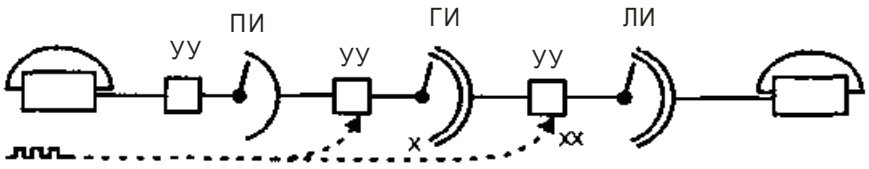


Рис. 8.7. Схема управления коммутационными приборами в ступенях искания

В АТС с непосредственным управлением управляющие устройства сравнительно просты и содержат 2–11 реле в зависимости от того, на которой ступени искания прибор установлен.

Например, в АТС-54 в управляющем устройстве ПИ имеется два реле, I ГИ – 9 реле, II/IV ГИ – 5 реле и ЛИ – 11 реле. Все эти устройства достаточно просты и предназначены для приема и передачи информации о знаках абонентского номера, управления искателями в процессе установления соединения и возвращения их в исходное состояние, посылки информационных и вызывных сигналов.

8.6. Координатные АТС (АТСК)

Координатные АТС (АТСК) относятся ко второму поколению автоматических систем телефонной коммутации. Были разработаны городская система АТСКУ и сельская система АТС К-50/200М. Характерной особенностью усовершенствованной системы АТСКУ является широкое использование электроники для построения некоторых управляющих приборов с целью повышения надежности действия, уменьшения габаритных размеров аппаратуры и ускорения работы управляющих устройств.

Коммутационные приборы АТСК. Для построения коммутационного поля на координатных АТС используются коммутационные приборы, называемые многократными координатными соединителями (МКС). Многократные координатные соединители характеризуются числом входов *n* и числом выходов *m,* доступных каждому входу. По принципу устройства и работы МКС (рис. 8.8) относятся к приборам релейного типа, в которых коммутация цепей осуществляется путем перемещения контактных пружин под воздействием якоря электромагнита.

Если к вертикальным шинам сетки подключить входы, а к горизонтальным – выходы, то в местах пересечения шин создаются коммутационные точки, позволяющие соединить вход с любым выходом.

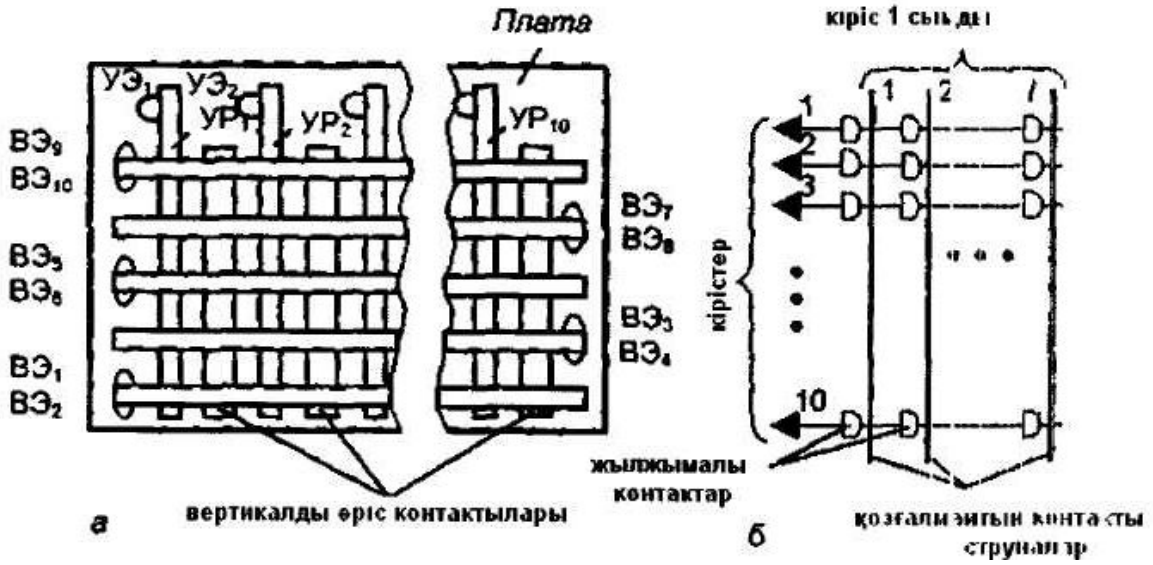


Рис.8.8. Устройство МКС

Причем одновременно могут быть соединены несколько или все входы с таким же числом выходов. В коммутационных точках МКС используются плоские контактные пружины. Такой соединитель позволяет установить одновременно до десяти соединений.

Конструктивно МКС представляет собой коллективное реле с большим числом групп контактных пружин (рис. 8.9, *а*). Основными элементами его являются вертикальные блоки (вертикали). Каждая *вертикаль* содержит контактные струны (шины) и *m* групп контактных пружин, составляющих контактное поле вертикали (рис. 8.6 б). Состояние контактов в группах вертикали обусловлено работой двух электромагнитов с рейками: *удерживающего* УЭ с рейкой УР и *выбирающего* ВЭ с рейкой ВР. Каждая вертикаль имеет свой УЭ, а число ВЭ равно числу контактных групп *m.* При срабатывании электромагнитов замыкаются контакты той группы вертикали, которые находятся в точке пересечения соответствующих реек ВР и УР. Тем самым обеспечивается соединение входа (контактные струны вертикали) с одним из *m* выходов.

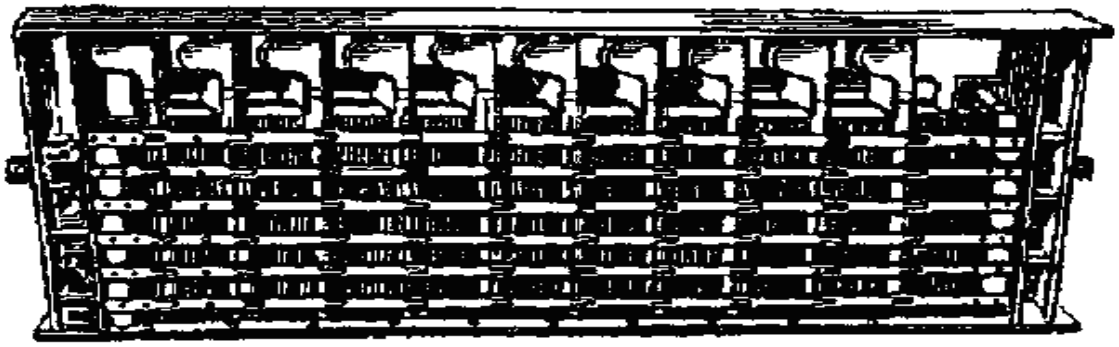


Рис. 8.9. Внешний вид МКС

Промышленностью был предусмотрен выпуск МКС с различными структурными параметрами, при этом для обозначения МКС принята следующая запись: *МКС-nxmxl*, где *n* – число вертикалей, *m* – емкость вертикалей, *l* – проводность коммутируемых цепей. Например, МКС, имеют следующие обозначения: МКС-10х10х12 и МКС-20х10х6.

Процесс установления соединения в МКС проходит под управлением специального управляющего устройства – маркера. *Маркер* определяет электрические цепи (вход и выход), которые необходимо соединить, и подает в обмотки соответствующих электромагнитов ВЭ и УЭ управляющие сигналы.

8.7. АТСК с одной ступенью ГИ

В координатных системах АТС используются три ступени искания: *абонентского* (АИ), *группового* (ГИ) и *регистрового* (РИ). На рис. 8.10 представлена функциональная схема АТСК с четырехзначной нумерацией без учета ее работы в окружении других АТС.

Ступень АИ при исходящей связи работает в режиме свободного искания, а при входящей связи – в режиме линейного. На ступени ГИ осуществляется режим группового искания, а на ступени РИ – режим свободного искания.

Шнуровые комплекты используются при установлении соединения и заняты при разговоре.

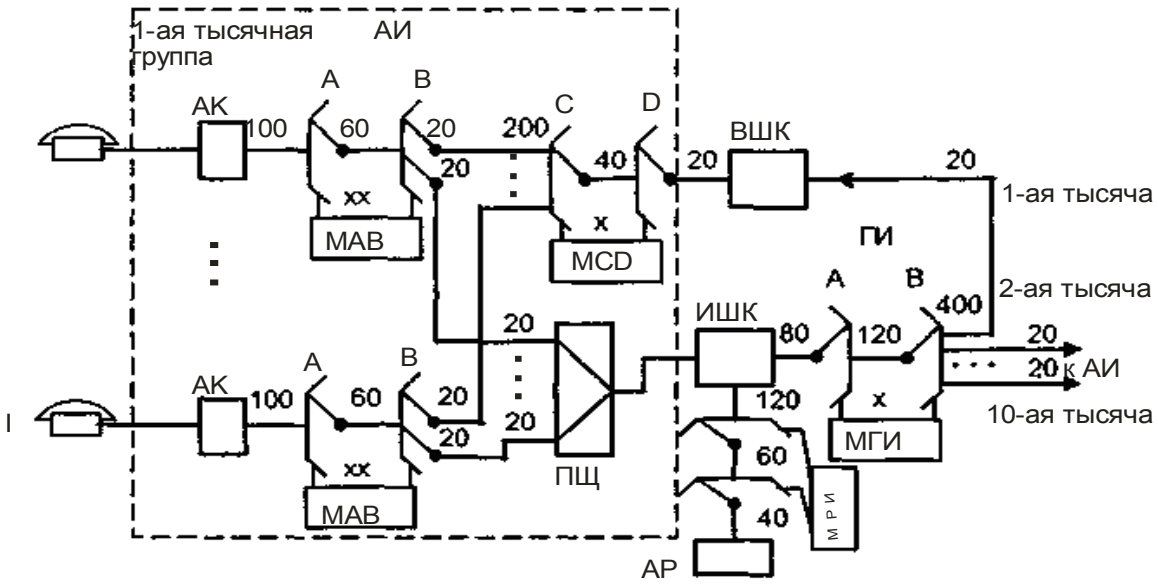


Рис. 8.10. Функциональная схема АТСК с одной ступенью ГИ

Они выполняют следующие функции:

- участвуют в подключении регистра к соединительному тракту;
- активизируют АОН и передают поступающую информацию о категории и номере вызывающего абонента;
- посылают абонентам информационные сигналы; принимают от абонентов линейные сигналы ответа и отбоя;
- обеспечивают цепи питания микрофонов телефонных аппаратов. Используются два основных вида шнуровых комплектов – *исходящий* ИШК и *входящий* ВШК.

При использовании двух- и трехпроводных СЛ применяются комплекты *реле соединительных линий – входящие* РСЛВ и *исходящие* РСЛИ. Комплекты РСЛ согласовывают проводность ступени ГИ и соединительной линии и предусматривают контроль исправности линии. РСЛ насчитывают от *одного* до *четырех реле* и включаются на входных и выходных пучках соединительных и промежуточных линий между различными ступенями ГИ.

От емкости АТС и поступающей нагрузки зависит требуемое число коммутационных блоков каждого типа и их структурные параметры. В блоки АИ подключаются по 1000 АЛ, включаемые в сотенные блоки *АВ* на звено А. Число блоков АИ определяется емкостью АТС. При исходящей связи соединение АЛ к ступени ГИ осуществляется через два звена *А* и *В*.

При входящей связи соединение входа блока с требуемой АЛ производится через четыре звена D, C, B, A. Ступени ГИ строятся из двухзвенных блоков, имеющих 80 входов, 120 ПЛ и 400 выходов. В поле ступени ГИ можно образовать максимально 20 направлений с доступностью D = 20.

Для повышения использования коммутационных блоков ступени ГИ и уменьшения их числа 20-линейные пучки от выходов звена B ступени АИ (при исходящей связи) объединяются, образуя общий для группы 1000 АЛ неполнодоступный пучок линий (80 линий) к ступени ГИ. Образование общего пучка линий, принимающего нагрузку от 1000 абонентов, производится на *промежуточном щите* ПЩ. Такие щиты часто используются в аналоговых системах коммутации при соединении выходов предыдущей ступени искания с входами последующей. Ступень РИА предназначена для подключения абонентского регистра к ИШК, а через него к блоку АВ и к абонентской линии на время приема информации о номере вызываемого абонента и установления соединения.

8.8. АТСК с двумя ступенями ГИ

При включении АТСК в окружении существующей сети необходимо кроме внутристанционной связи организовать связь с другими АТС. Для этого используется еще одна ступень ГИ для формирования пучков к другим АТС сети. На рис. 8.11 представлен фрагмент АТСК (АТС 5) в окружении сети без узлов с пятизначной нумерацией.

На выходе коммутационного поля ступени I ГИ образованы направления к ступени III ГИ своей станции и направления к III ГИ других АТС на сети. На вход ступени III ГИ подключаются внутристанционные линии от I ГИ станции, а также пучки соединительных линий от I ГИ других АТС телефонной сети. В поле ступени III ГИ образованы направления к тысячным блокам АИ.

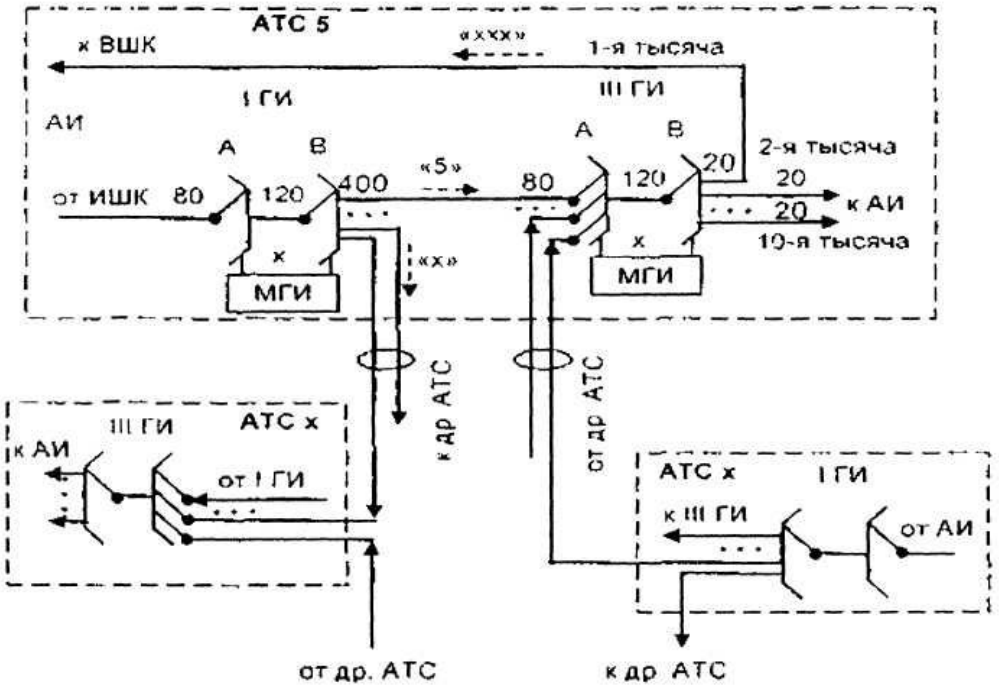


Рис. 8.11. Фрагмент АТСК с пятизначной нумерацией

Если АТСК включается в ГТС с УВС, то необходимо организовать связи с УВС своего и других узловых районов города, а также с другими РАТС своего района при их непосредственном соединении. На рис. 8.12 представлен фрагмент АТСК (АТС 51), включенной в сеть с УВС при шестизначной нумерации.

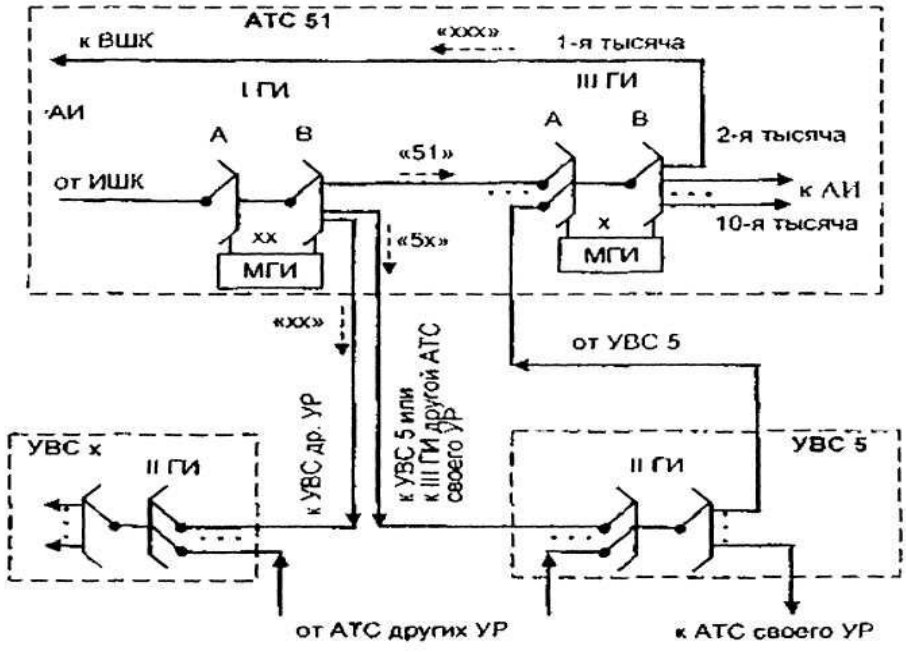


Рис. 8.12. Фрагмент АТСК с шестизначной нумерацией

На ступени I ГИ образованы направления к III ГИ своей станции и направления к II ГИ УВС других узловых районов. Кроме того, при связи РАТС одного УР через УВС на I ГИ также формируются направления к II ГИ УВС своего УР.

При непосредственной связи РАТС в пределах одного УР на ступени I ГИ формируются направления к III ГИ РАТС своего УР.

На вход ступени III ГИ РАТС 51 подключаются внутристанционные линии от I ГИ станции, а также пучки соединительных линий от II ГИ УВС своего УР сети (УВС 5). В поле ступени III ГИ РАТС 51 также образованы направления к тысячным блокам ступени АИ.

8.9. Управление коммутацией в АТСК

Для управления процессом установления соединений в АТСК используются групповые управляющие устройства (УУ), которые предназначены для обслуживания группы коммутационных приборов, например коммутационного блока. Такие УУ занимаются только на время установления соединения через коммутационные блоки, которые они обслуживают. В системах с групповыми УУ применяется *регистровое (косвенное) управление,* которое отличается от непосредственного управления тем, что информация о номере вызываемого абонента поступает не непосредственно в УУ, а в специальные приборы – *регистры.* Такие системы управления называются системами с *регистровым управлением. В* координатных АТС групповые УУ, обслуживающие коммутационные блоки на ступенях искания, называются *маркерами.*

Регистры. Основные функции, выполняемые регистрами, заключаются в приеме адресной информации, а также передаче ее в процессе установления в УУ различных ступеней искания в объеме, необходимом для выбора требуемого направления на ступенях ГИ и линии вызываемого абонента на ступени АИ. Одновременно регистры обеспечивают кодирование информации (для передачи информации из регистра в УУ используется двухчастотный код «2 из 6»), что позволяет использовать способ передачи, удобный для взаимодействия с УУ ступеней искания. На телефонных сетях, построенных с применением координатных АТС, применяются следующие типы регистров: абонентские, исходящие, входящие, промежуточные и кодовые.

Абонентские регистры (АР) устанавливаются на АТС и предназначены для приема информации о номере вызываемого абонента, передаваемом вызывающим абонентом посредством номеронабирателя своего телефонного аппарата. АР взаимодействуют с УУ ступеней искания в процессе установления соединений.

Исходящие регистры (ИР) включаются на выходах исходящей станции или транзитного узла и предназначены для приема информации из АР и взаимодействия по межстанционным СЛ с управляющими устройствами ступеней искания не однотипных станций. Исходящие регистры используют, например, для организации связи от АТСК к АТСДШ ИР подключаются к СЛ через подключающие комплекты ПК. Обычно 8...12 соединительных линий обслуживаются двумя регистрами.

Входящие регистры (ВР) используются при организации входящей связи от коммутационных станций и узлов других систем, например при связи от АТСДШ к координатной АТС. Входящие регистры могут передавать адресную информацию также в исходящие регистры при транзитной связи. Входящие регистры могут устанавливаться на подстанциях для организации входящей связи от АТС неоднотипной системы, например на координатной подстанции, включенной в АТСДШ.

Промежуточные регистры (ПР) используются при установлении междугородных соединений.

Кодовые регистры (КР) устанавливаются на транзитных коммутационных узлах и предназначаются для приема от АР, ВР или ИР части адресной информации (кода коммутационного узла), достаточной для выбора требуемого направления, а также для взаимодействия с УУ только того транзитного узла, на котором эти регистры установлены.

Маркеры. Маркеры принимают и запоминают часть адресной информации из регистра, обрабатывают принятую информацию, выбирают свободный соединительный путь между входом и выходом коммутационного блока и управляют коммутационными приборами при установлении соединения.

ГЛАВА 9. ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ

9. 1. Особенности структуры ЦСК

Цифровая система коммутации (ЦСК) характеризуется тем, что ее коммутационное поле коммутирует каналы, по которым информация передается в цифровом виде. Однако к ЦСК могут включаться как аналоговые, так и цифровые абонентские и соединительные линии. Обобщенная структура ЦСК представлена на рис. 9.1.

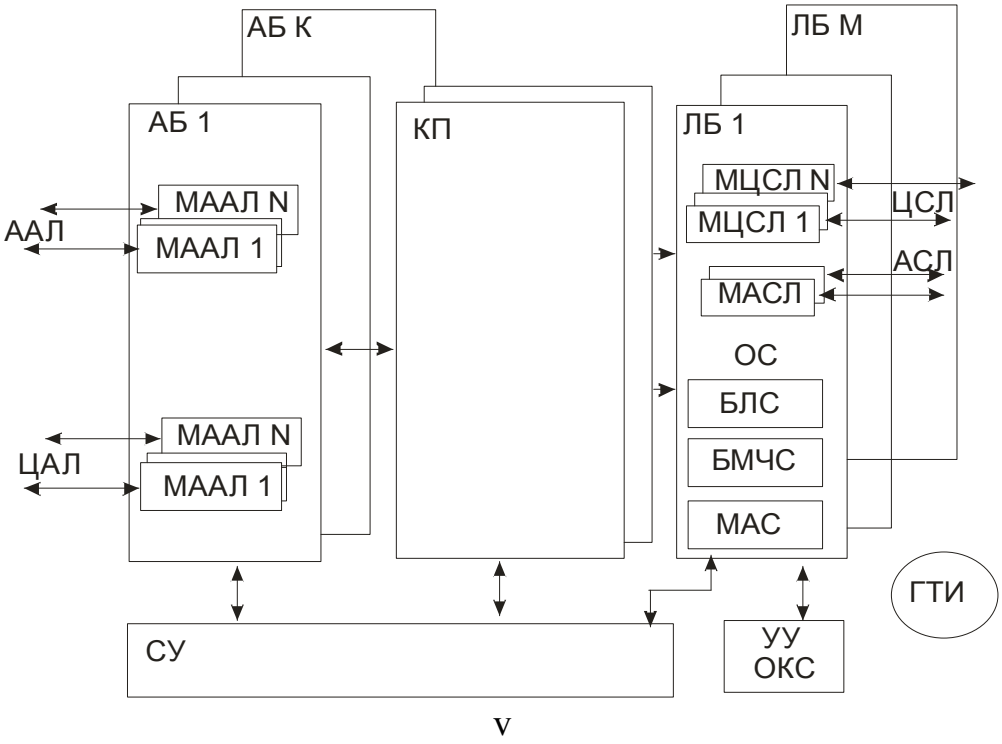


Рис. 9.1. Обобщенная структурная схема ЦСК

Абонентский блок (АБ) предназначен для согласования аналоговых и цифровых абонентских линий с коммутационным полем станции посредством МААК и МЦАК соответственно.

Модуль аналоговых абонентских комплектов (МААК) предназначен для подключения к станции аналоговых АЛ и выполняет следующие основные функции:

- аналогово-цифровое преобразование (АЦП) и цифро-аналоговое преобразование (ЦАП);
- концентрация нагрузки;

- подключение к ИКМ-тракту;
- функции BORCSHT.

Модуль цифровых абонентских линий (МЦАЛ) предназначен для подключения к станции цифровых АЛ, и выполняет следующие основные функции:

- реализацию станционного окончания доступа ISDN;
- разделение каналов B и D;
- объединение нескольких каналов D в один канал.

Цифровые терминалы подключаются к МЦАЛ через сетевое окончание NT с помощью базового доступа 2B + D, где канал B = 64 кбит/с, D = 16 кбит/с.

Линейный блок (ЛБ) образует интерфейс между аналоговым или цифровым окружением станции и цифровым коммутационным полем. Используется для включения в станцию различных типов соединительных линий СЛ и линий доступа ISDN на первичной скорости посредством МЦСЛ и МАСЛ. ЛБ также может использоваться для подключения сетей передачи данных и реализации дополнительных услуг.

Модуль цифровых соединительных линий (МЦСЛ) используется для включения в станцию цифровых СЛ и линий ISDN первичного доступа. Выполняет функции передачи служебной и пользовательской информации, а также согласование входящих и исходящих потоков со скоростями коммутации в коммутационном поле (мультиплексирование и демультиплексирование).

Модуль аналоговых соединительных линий (МАСЛ) образует интерфейс для подключения аналоговых СЛ к цифровому коммутационному полю. Выполняет функции АЦП и ЦАП, а также приема и передачи служебной и пользовательской информации от аналогового окружения к станции и обратно.

В большинстве случаев в состав ЛБ входит *оборудование сигнализации* (ОС), состав которого определяется передаваемыми сигналами между оборудованием взаимосвязанных АТС и способом их передачи на участках сети. ОС выполняет функции по приему и передаче сигналов управления и взаимодействия (СУВ) между двумя АТС. В процессе работы цифровые АТС используют 2 группы сигналов: линейные и регистровые. *Линейные сигналы* обеспечивают переход от одной фазы обслуживания вызова к другой (занятие, отбой, подтвер-

ждение, разъединение). *Регистровые сигналы* обеспечивают маршрутизацию вызовов и включают в себя все информационные сигналы (набор номера, запрос цифр номера и другая дополнительная информация). В состав ОС могут входить БЛС, БМЧС и МАС (рис. 9.2).

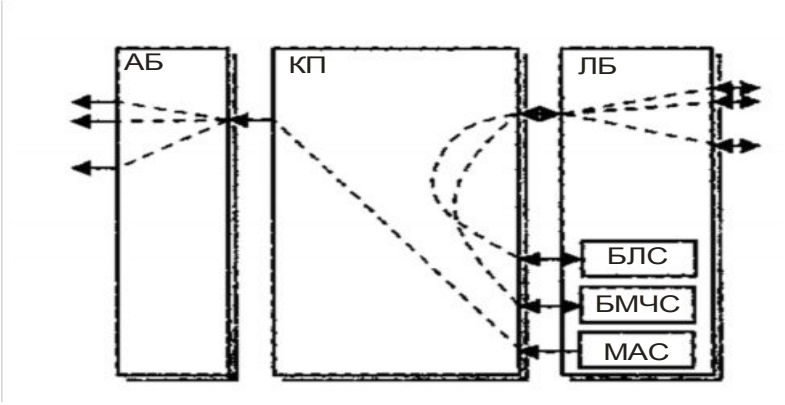


Рис. 9.2. Схема включения оборудования сигнализации в КП

Блок линейных сигналов (БЛС) является блоком сигнализации по выделенному сигнальному каналу ВСК (CAS). Этот блок предназначен для приема и передачи всех линейных сигналов, передаваемых по 16-му канальному интервалу ИКМ тракта при сигнализации 2ВСК. Кроме линейных сигналов, данный блок иногда используется для передачи части сигналов маршрутизации (регистровая сигнализация) – при связи цифровой АТС с декадно-шаговой станцией. Для подключения информации из 16-го канального интервала в БЛС используется полупостоянное соединение в коммутационном поле.

Блок многочастотной сигнализации (БМЧС) предназначен для приема регистровых сигналов многочастотной сигнализации.

Передача сигналов осуществляется по разговорным цепям и закрепление БМЧС за разговорным канальным интервалом осуществляется системой управления только на время, необходимое для передачи и приема многочастотных сигналов. Подключение БМЧС к цифровому коммутационному полю (ЦКП) осуществляется по одной ИКМ линии. Соединение в ЦКП оперативное.

Модуль акустических сигналов (МАС) предназначен для передачи акустических сигналов с помощью цифрового тонового генератора (источника тональных сигналов). Этот генератор подключается к КП через ИКМ линию. Как правило, такой модуль включается через одну ИКМ линию и может выдавать 31 акустический сигнал.

Каждому канальному интервалу поставлен в соответствие свой акустический сигнал («ответ станции», «занято», «посылка вызова», «контроль посылки вызова», сигнал тишины и т. д.).

По команде из системы управления осуществляется коммутация i-го канального интервала ИКМ линии с требуемым акустическим сигналом от МАС с определенным j-м канальным для заданного модуля абонентских линий.

Коммутационное поле выполняет функции коммутации соединений различных видов:

- коммутация разговорных соединений в цифровом виде;
- коммутация межпроцессорных соединений;
- коммутация тональных сигналов.

В основном используются практически неблокирующие, полнодоступные, многозвенные схемы КП. Для надежности КП дублируется (2 слоя). В современных цифровых АТС используется временная и пространственная коммутация (В и П). Как правило, не применяется более двух звеньев временной коммутации, а между этими звеньями располагается несколько звеньев пространственной коммутации. Между абонентами в коммутационном поле всегда устанавливается два независимых пути – в прямом и обратном направлении.

Система управления (СУ) предназначена для управления всеми процессами обслуживания вызовов. В цифровых АТС все действия управляющих устройств заранее определены алгоритмом (программой) их функционирования. Программы хранятся в памяти управляющих устройств.

При обслуживании вызова СУ выполняет 3 основные функции:

- прием информации;
- обработка информации;
- выдача информации.

Существует три вида структур СУ:

- централизованная;
- иерархическая;
- децентрализованная (распределенная).

Кроме основных функций по обслуживанию вызовов, СУ выполняет функции по предоставлению абонентам дополнительных видов обслуживания (ДВО), а также вспомогательные функции.

Управляющее устройство ОКС (УУ ОКС) предназначено для управления сетью сигнализации по общему каналу и оборудовано специальным управляющим устройством, которое функционирует как транзитный узел или оконечный пункт сигнального трафика.

Генератор тактовых импульсов (ГТИ) предназначен для выработки сетки частот, необходимых для синхронизации работы всех блоков станции. С этой целью все станции, включенные в цифровую сеть, должны обеспечиваться тактовыми импульсами с высокой степенью надежности и согласованности.

Тактовые импульсы, генерируемые в каждом блоке оборудования, синхронизируют обмен информацией на трех уровнях:

- внутри самого блока оборудования АТС;
- между блоками оборудования одной АТС;
- между различными АТС.

Для международного обмена цифровой информацией необходима очень высокая степень точности и надежности. В этом случае опорные частоты должны выводиться из атомных эталонов частоты и подаваться на международные АТС, работающие в качестве ведущих.

9.2. Принцип взаимодействия блоков ЦСК

Взаимодействие блоков ЦСК можно рассмотреть на примере внутристанционного соединения. Для описания всего процесса обслуживания вызова в упрощенном виде поделим его на пять основных этапов. Для иллюстрации взаимодействия блоков при внутристанционном соединении на рис. 9.3.

Этап 1. Абонент *А* снимает трубку телефонного аппарата и станция передает сигнал «ответ станции». После снятия абонентом *А* трубки СУ определяет факт занятия абонентской линии путем сканирования модулей абонентских линий МАЛ (в абонентском комплекте АК). Затем СУ выдает команду на подключение модуля акустических сигналов (МАС) через цифровое коммутационное поле (коммутируется цифровой тракт в КП). Из модуля акустических сигналов абоненту *А* подается сигнал «ответ станции» частотой $f = 425$ Гц.

Этап 2. Абонент набирает номер.

При наборе номера точка сканирования в абонентском комплекте абонента *А* изменяет свое состояние. Эти изменения определяются периферийными устройствами сканирования и передаются в СУ.

После приема первого импульса набора номера СУ дает команду на отключение сигнала «ответ станции» из МАС, т.е. передача акустических сигналов через КП прекращается. Номер передается в СУ.

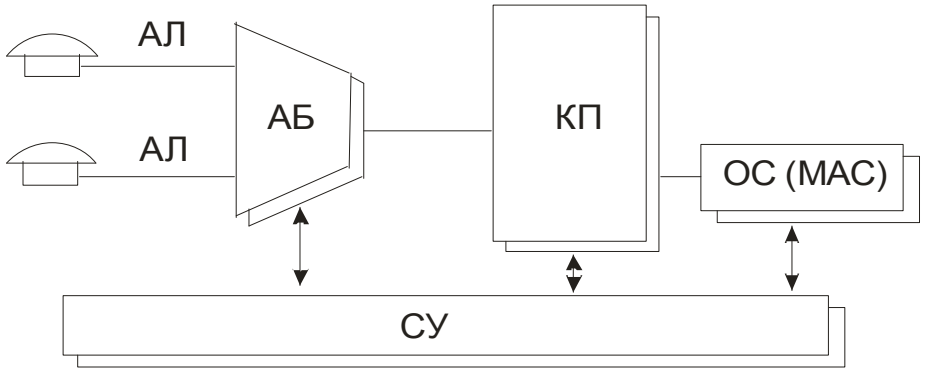


Рис. 9.3. Упрощенная структура ЦСК при внутристанционном соединении

Этап 3. АТС анализирует номер и передает сигналы ПВ и КПВ.

После приема и анализа абонентского номера СУ определяет по данным, хранящимся в ее памяти, направление связи как внутристанционное, и дает команду на включение сигнала ПВ из модуля абонентских линий (МАЛ) частотой f=25 Гц абоненту *В*. Синхронно с сигналом ПВ абоненту *А* из модуля акустических сигналов (МАС), передается сигнал КПВ частотой f=425 Гц МАС подключается через КП по команде из СУ.

Этап 4. Абонент *В* отвечает и происходит коммутация разговорного соединения.

При ответе абонента В изменяется состояние точки сканирования в его абонентском комплекте. Эта информация поступает в систему управления, которая отключает сигналы ПВ и КПВ и передача акустических сигналов через КП прекращается. Затем СУ коммутирует в КП разговорный тракт и происходит разговор абонентов.

Этап 5. Отбой и разъединение.

Если предположить, что первым положил трубку абонент 6, то отбой определяется по изменению состояния точки сканирования в его абонентском комплекте. Эта информация поступает в систему управления, которая дает команду на подключение МАС через КП,

т. е. коммутирует соединение акустических сигналов в КП. Из МАС абоненту *А* подается сигнал «занято», а СУ выдает команду на отключение разговорного соединения в КП. Абонент *А* кладет трубку. При отбое обоих абонентов система управления дает команду на разрушение соединения акустических сигналов КП, т. е. отключает МАС.

9.3. Оборудование доступа в ЦСК

Модуль аналоговых АК в абонентском блоке. Абонентские линии в цифровых АТС включаются в КП станции через АБ, которые могут располагаться на территории самой станции либо на некотором расстоянии от нее (рис. 9.4).

Абонентские блоки, расположенные на удалении от основной АТС называют выносными. Вынос АБ от опорной станции позволяет строить более гибкую сеть, сокращает общую протяженность абонентских линий и уменьшает затраты на управление и обслуживание.

Выносные АБ связываются с КП станции по первичным цифровым трактам (ПЦТ) 2 Мбит/с.

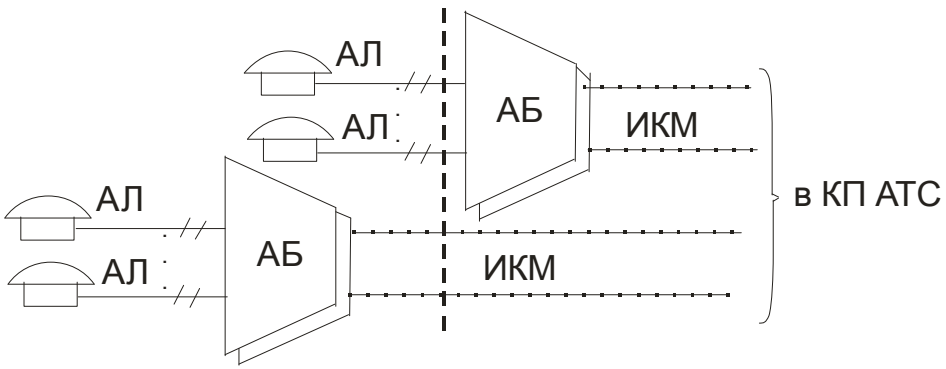


Рис. 9.4. Схема включения АБ к КП АТС

Станционные АБ для более экономичного использования линейных ресурсов могут включаться в КП станции по линиям 4–8 Мбит/с (станция EWSD).

К основным функциям АБ относятся следующие:

- АЦП и ЦАП (в случае подключения аналоговых АЛ);
- реализация функций BORSCHT, которые выполняются в АК аналоговых линий;

• подключение абонентской линии к ПЦТ, идущему в КП станции;

• мультиплексирование или концентрация абонентской нагрузки, т. к. в среднем нагрузка на одну АЛ мала и составляет 0,1 Эрл на абонента (например, в EWSD – 900–952 абонента на 4 ПЦТ; в МТ-20/25 – 763 абонента на 6 ПЦТ).

В общем случае АБ может выполнять функции мультиплексора либо концентратора. Структурную схему АБ в случае подключения аналоговых АЛ можно представить совокупностью следующих блоков(9.5):

• абонентского комплекта;

• кодека;

• схемы контроля;

• коммутационного поля (для концентрации нагрузки);

• мультиплексора;

• схемы интерфейса и устройства управления (рис. 10.16).

Каждая абонентская линия (АЛ) включается в индивидуальный *абонентский комплект* (АК). Сигнал с абонентского комплекта поступает на *кодек,* который может быть индивидуальным, т. е. входить в состав абонентского комплекта (системы S-12, EWSD), и групповым (цифровой «Квант»). В кодеке происходит прямое и обратное преобразование аналоговой формы сигнала в цифровую.

Схема *контроля,* которая, как правило, находится в составе абонентского комплекта, но может быть и групповой, необходима для контроля за состоянием абонентской линии (замыкание или размыкание шлейфа при занятии линии и наборе номера).

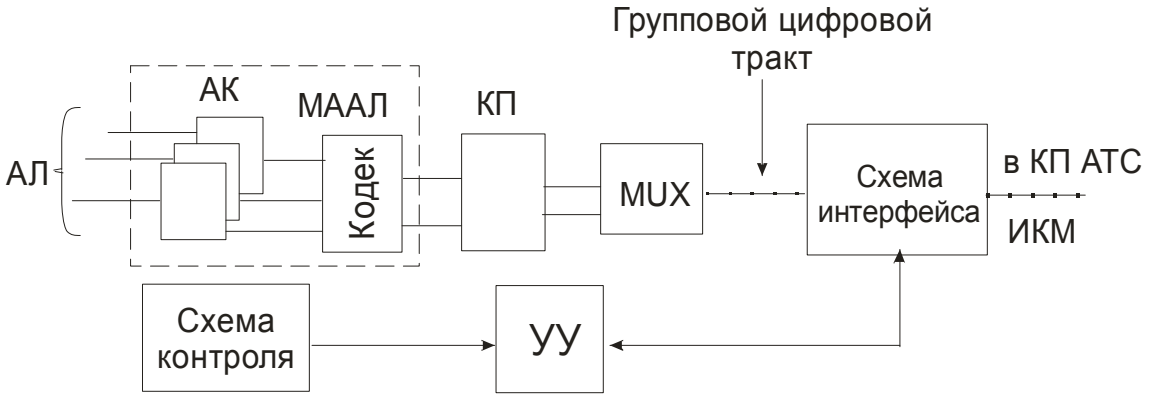


Рис. 9.5. Структура АБ (концентратора)

Коммутационное поле в АБ может строиться на основе одной ступени пространственной или временной коммутации и используется для концентрации абонентской нагрузки, а также в некоторых системах возможна коммутация в пределах АБ.

Мультиплексор (MUX) объединяет индивидуальные сигналы в групповой цифровой тракт (не обязательно ПЦТ). Для обеспечения сопряжения *АБ* с цифровым коммутационным полем (ЦКП) используется *схема интерфейса.*

Устройство управления осуществляет координацию работы абонентских комплектов и схемы интерфейса.

9.4. Абонентский комплект и его функции

Абонентский комплект (АК) предназначен для согласования оконечных абонентских устройств с коммутационной станцией. На рис. 9.7 показана структурная схема АК с учетом функций BORCSHT.

АК аналоговых линий выполняет семь функций, каждой из которых поставлена в соответствие буква латинского алфавита:

- электропитание абонентского терминала (B – Battery feed);
- защита от перенапряжений на АЛ (O – Over voltage);
- посылка вызова (R – Ringing);
- наблюдение и сигнализация (S – Supervision, Signalling);
- кодирование (C – Coding);
- дифференциальная система (H – Hybrid);
- тестирование (T – Testing).

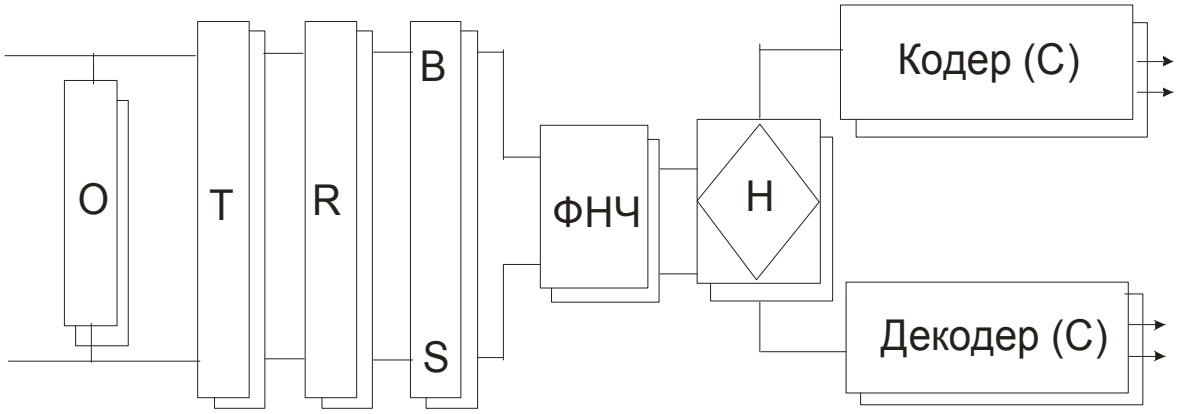


Рис. 9.6. Структурная схема АК с учетом функции BORCSHT

В абонентском комплекте все элементы можно поделить на две основные группы. Одну группу составляют устройства, построенные на высоковольтных электронных элементах, а вторую группу – устройства, связанные с логическими операциями и построенные на цифровых элементах.

Функция B (Battery feed – электропитание)

Ток питания микрофона абонентского телефонного аппарата (ТА) на электронных АТС подается из абонентского комплекта. Рассмотрим два основных способа организации электропитания ТА – через трансформатор или через дроссели. При первом способе для прохождения тока питания микрофона абонентского ТА используется первичная обмотка трансформатора дифсистемы (рис. 9.7).

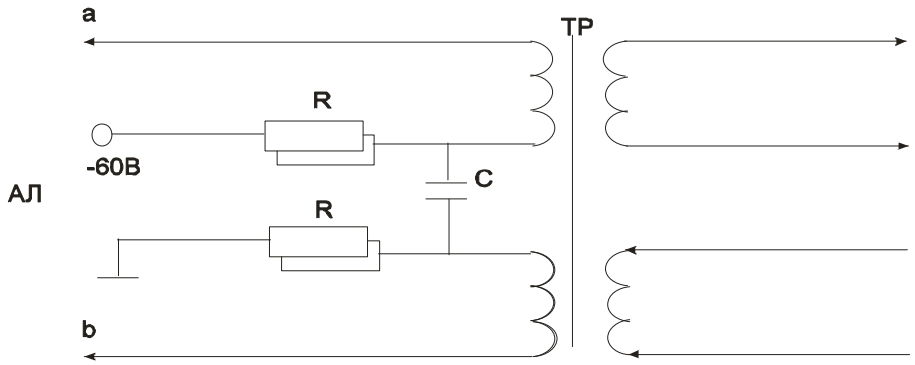


Рис. 9.7. Электропитание через трансформатор

Дополнительные резисторы R1 и R2, включенные в цепь питания, используются для обеспечения меньшей зависимости тока питания микрофона от сопротивления абонентской линии, а также для устранения короткого замыкания в абонентской линии. Недостатком способа организации электропитания ТА через трансформатор является то, что ток питания микрофона вызывает подмагничивание сердечника трансформатора. Это, в свою очередь, снижает магнитную проницаемость материала сердечника и приводит к необходимости увеличения габаритных размеров трансформатора.

Поэтому во многих электронных АТС для устранения подмагничивания применяется схема питания микрофона через дроссели.

Так как сопротивление дросселей достаточно велико на частотах разговорного спектра, то они служат добавочными резисторами (рис. 9.8).

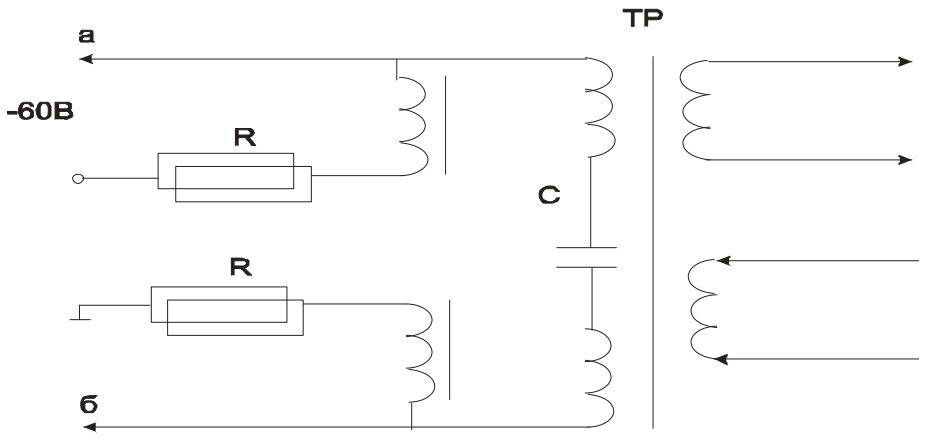


Рис. 9.8. Электропитание через дроссели

Функция О (Over voltage – перенапряжение)

Отдельные элементы коммутационной станции и оконечное абонентское устройство необходимо обеспечить защитой как от случайных разовых воздействий, например удара молнии или касания высоковольтных линий, так и от постоянных воздействий индуктивного характера со стороны высоковольтных линий и электрифицированных железных дорог. Это может осуществляться (рис. 9.9) с помощью применения защитных устройств в кроссе (разрядники, предохранители).

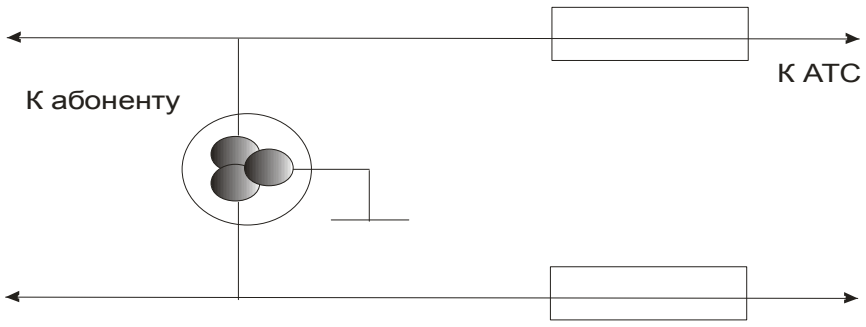


Рис. 9.9. Электропитание через дроссели

Низковольтные полупроводниковые компоненты цифровой АТС очень чувствительны к высокому напряжению и требуют эффективной защиты от перенапряжения. Для этой цели в АК используются включенные встречно друг другу полупроводниковые диоды (рис. 9.10). Их вольтамперная характеристика имеет различную крутизну при различных напряжениях падения.

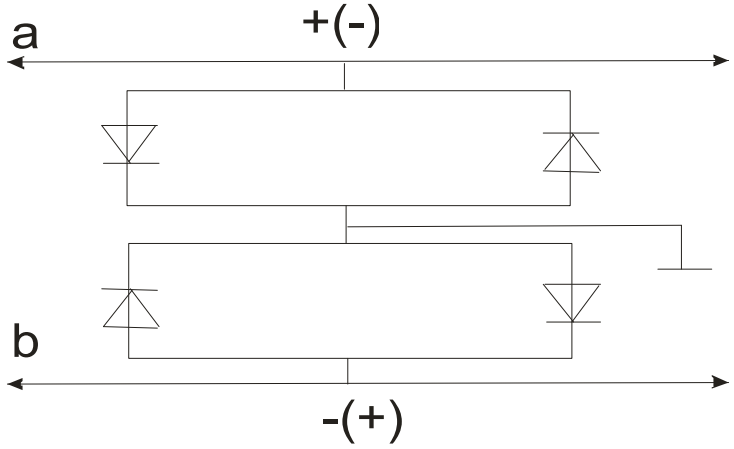


Рис. 9.10. Защита от перенапряжения в АК ЦАТС

При увеличении напряжения ток резко возрастает, резко уменьшается сопротивление, и высокое напряжение шунтируется на землю, т. е. срабатывает защита. Диоды включены так, что защита срабатывает при любой полярности высокого напряжения на проводах а и *в.*

Функция R (Ringing – посылка вызова)

Для срабатывания звонка в аналоговых телефонных аппаратах используется подача высокого переменного напряжения 90 В

и частотой 25 Гц. Таким образом, реализуется одна из функций абонентской сигнализации – вызов абонента с помощью звонка.

Для обеспечения посылки вызова используются электромеханические контакты герконового реле, через которые подключается генератор вызывных сигналов (ГВС) и отключается абонентская линия от станционных устройств (рис. 9.11). По сигналу из устройства управления (УУ) абонентского блока с заданной периодичностью срабатывает реле посылки вызова.

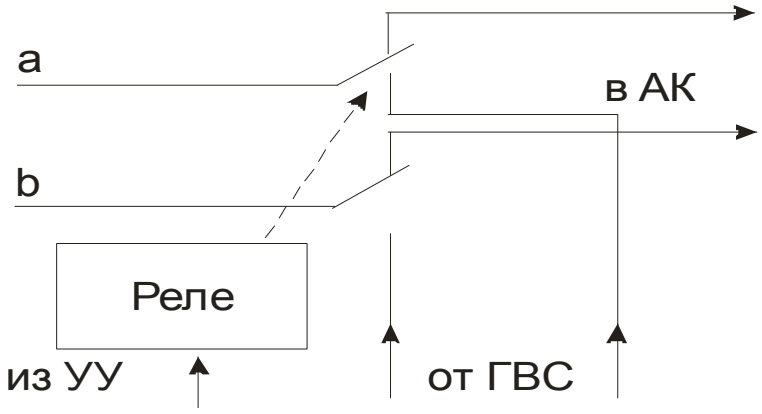


Рис. 9.11. Схема реализации посылки вызова

Функция S (Supervision, Signalling – наблюдение и сигнализация

Для опознавания сигналов вызова станции, ответа абонента, отбоя, импульсного набора номера необходим контроль за состоянием абонентской линии. Состояние шлейфа абонентской линии определяется по изменению тока питания абонентской линии. Это изменение воспринимается ключевой схемой, которая называется *точкой сканирования* (рис. 9.12). В устройство управления абонентского блока передается сигнал, определяемый по падению потенциала в этой точке.

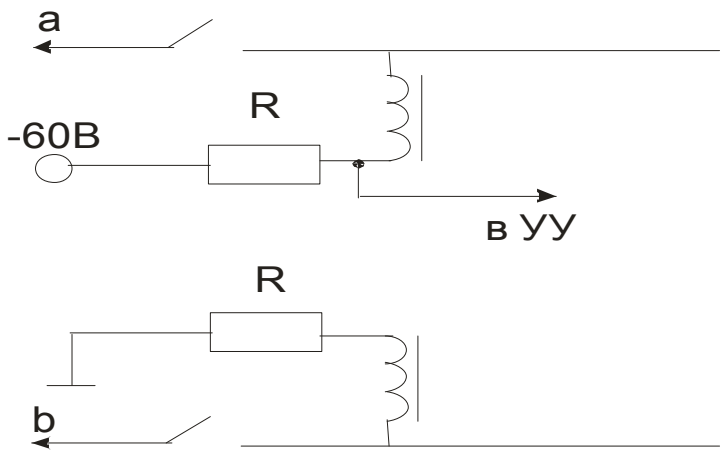


Рис. 9.12. Схема контроля за состоянием шлейфа

Функция C (Coding – кодирование)

Частотный диапазон 300–3400 Гц является диапазоном аналогового речевого сигнала. Для его преобразования в цифровую форму предусматривается ряд способов кодирования исходных сигналов. Эти способы основаны на временной дискретизации и квантовании сигнала по амплитуде и обеспечивают возможность временного уплотнения и цифрового кодирования.

Перед кодером необходимо использовать фильтр нижних частот (ФНЧ) с частотой среза 3,4 кГц, который необходим:

1) для выделения низкочастотной составляющей на приемном конце разговорного тракта;

2) для предотвращения проникновения токов с частотами выше 3,4 кГц на передающем конце, устраняя тем самым искажения за счет возможного проникновения комбинационных частот.

Распространены следующие способы кодирования:

- импульсно-кодовая модуляция (ИКМ);
- дифференциальная импульсно-кодовая модуляция (ДИКМ);
- адаптивная ДИКМ (АДИКМ);
- дельта-модуляция (ДМ);
-адаптивная ДМ (АДМ).

Наибольшее распространение получила ИКМ. Кодеки обычно делают групповыми, как правило, на 8 или 16 АЛ в одном модуле абонентских комплектов (рис. 9.13). В последних версиях ЦСК предусмотрено подключение 32 или даже 64 АЛ в один *АК*.

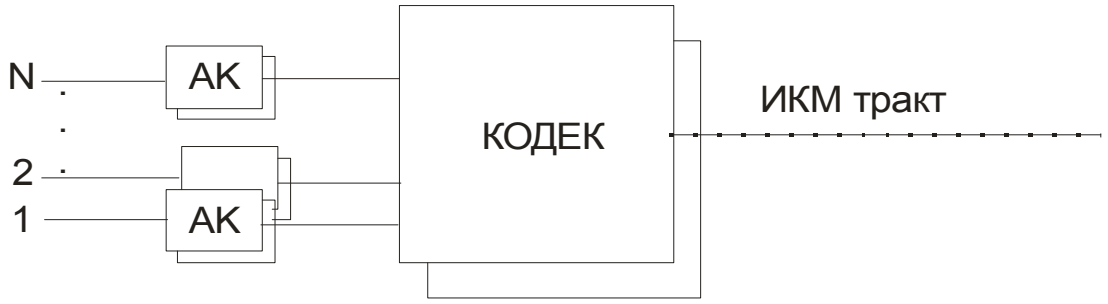


Рис. 9.13. Схема включения кодека

Функция H (Hybrid) – дифференциальная система

Дифференциальная система (дифсистема) служит для разделения цепей передачи и приема при переходе от двухпроводной АЛ на четырехпроводную линию. Для согласования с абонентской линией в дифсистему (как правило, трансформаторную) включается балансный контур (БК) который обычно представляет с собой RC-цепочки (рис. 9.14).

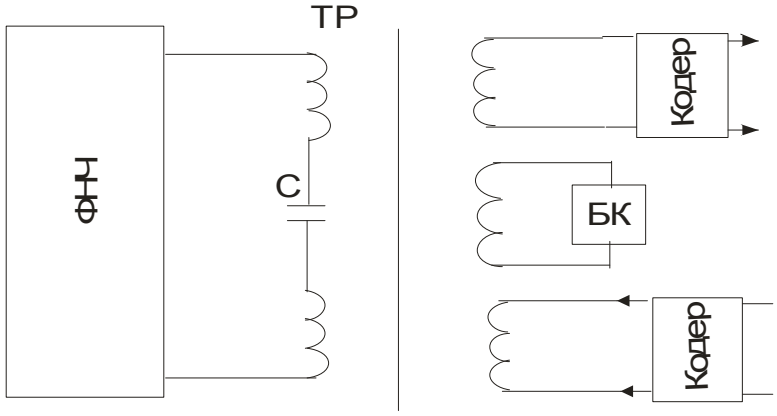


Рис. 9.14. Дифференциальная система

Функция T (Testing – тестирование)

С целью установления причины и места различных видов неисправностей аналоговых АЛ предусмотрено несколько методов контроля. Проверка состояния АЛ выполняется постоянным током, который выдается из абонентского комплекта в линию.

Для подключения испытательных модулей (модулей тестирования) используется контакты герконового реле.

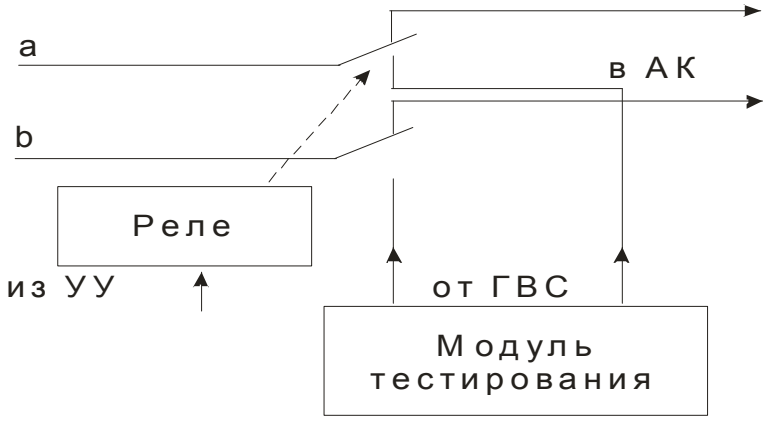


Рис. 9.15. Схема тестирования

Проверки АЛ могут выполняться при каждом подключении к ней станционных устройств либо по требованию оператора. При этом во время проверки провода *a* и *b* переключаются с АК на испытательные модули (рис. 9.15). Для проведения тестирования и измерений могут использоваться как встроенные испытательные модули, так и внешние устройства. Возможно проведение следующих основных проверок:

- сопротивление изоляции жилы *a* и *b* относительно земли либо между жилами *a* и *b* (сопротивление шлейфа);
- емкость между жилами;
- измерение постоянного и переменного напряжения на проводах *a* и *в*;
- проверка на короткое замыкание.

9.5. Цифровой абонентский доступ в ЦСК

Для подключения цифровых абонентов в ЦСК предусматриваются цифровые АК, расположенные в абонентском блоке. В отличие от аналогового АК цифровой не выполняет многие из функций BORSCHT, т. к. они переносятся в цифровой телефонный аппарат.

Цифровая сеть с интеграцией служб (ЦСИС) внедряется в два этапа: этап узкополосной ЦСИС для низкоскоростных услуг связи и этап широкополосной ЦСИС – для средне- и высокоскоростных услуг связи.

Цифровой абонентский доступ – это совокупность аппаратных средств, обеспечивающих взаимодействие между цифровыми абонентскими терминалами и станцией ISDN. Возможны два варианта доступа:

- базовый абонентский доступ (basic rate access – BRA);
- первичный абонентский доступ (primary rate access – PRA).

Базовый доступ ISDN (рис. 9.16) реализуется по двухпроводной медной паре, используемой в аналоговой телефонии. Общая скорость передачи–160 кбит/с, длина кабеля–не более 8 км при диаметре поперечного сечения 0,6 мм и не более 4,2 км при 0,4 мм.



Рис. 9.16. Схема подключения абонентов при базовом доступе

При базовом доступе организуются следующие каналы:

- два B-канала (64 кбит/с) для передачи пользовательской информации с коммутацией каналов и коммутацией пакетов;
- один D-канал (16 кбит/с) для сигнализации между пользователем и сетью, может также использоваться для передачи пакетов данных и сигналов телеметрии и дистанционного управления.

Первичный доступ ISDN реализуется по четырехпроводной медной линии и используется для подключения средних и больших учрежденческих станций, поддерживающих услуги ISDN (рис. 9.17).

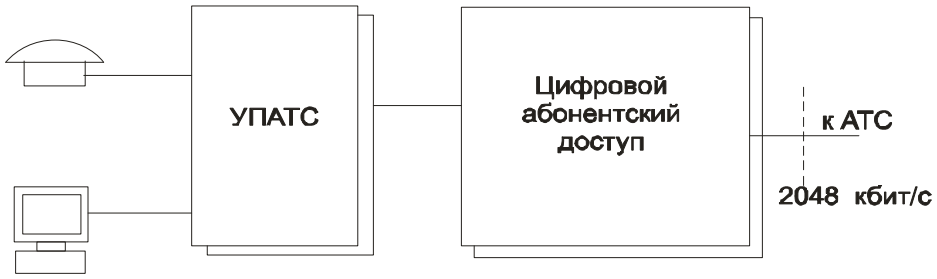


Рис. 9.17. Схема подключения абонентов при первичном доступе

Временные интервалы с 1 по 15 и с 17 по 31 используются как пользовательские каналы со скоростью 64 кбит/с каждый. D-канал (64 кбит/с) используется только для передачи сигнальной информации.

Модуль цифровых АЛ на станции ISDN реализуется в виде линейного *LT* и станционного *ET* окончаний (рис. 9.18). Для обеспечения скорости передачи 160 кбит/с по U-интерфейсу при базовом доступе рекомендуется в России использовать код 2B1Q.

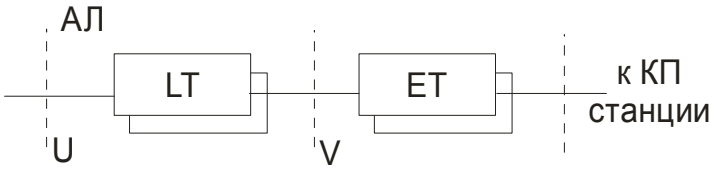


Рис. 9.18. Интерфейсы МЦАЛ

U-интерфейс предназначен для обеспечения стыка между абонентским доступом и линейным окончанием по двухпроводной шине. V-интерфейс – для обеспечения стыка между линейным и станционным окончанием по четырехпроводной шине.

Оборудование подключения соединительных линий. Для подключения цифровых и аналоговых СЛ в линейном блоке предусмотрены МЦСЛ и МАСЛ соответственно. *Модуль цифровых соединительных линий* (МЦСЛ) выполняет следующие основные функции (рис. 9.19):

- преобразование линейного квазитроичного кода в станционный двоичный код, и наоборот;
- переход от одного вида сигнализации к другому;
- преобразование скоростей и обеспечение синхронной передачи сигнала.

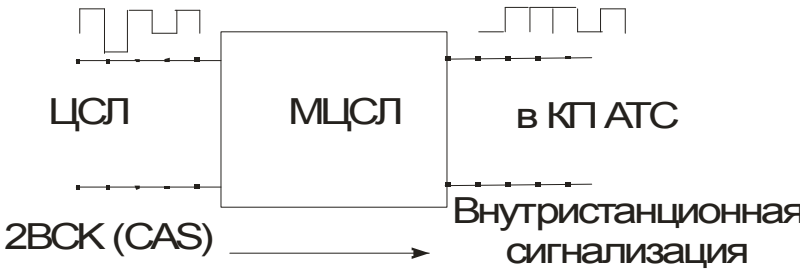


Рис. 9.19. Схема включения МЦСЛ в ЦСК

Модуль аналоговых соединительных линий (МАСЛ) предназначен для согласования аналоговых СЛ (физических или уплотненных различными аналоговыми системами передачи) с цифровой системой коммутации. Возможно также согласование с нестандартными цифровыми системами передачи (ИКМ-12, ИКМ-15). В МАСЛ включаются 2-, 3-, 4-проводные СЛ и линии с частотным разделением каналов. Для каждого типа линий используются соответствующие комплекты СЛ (КСЛ). Структурная схема МАСЛ представлена на рис. 9.20.

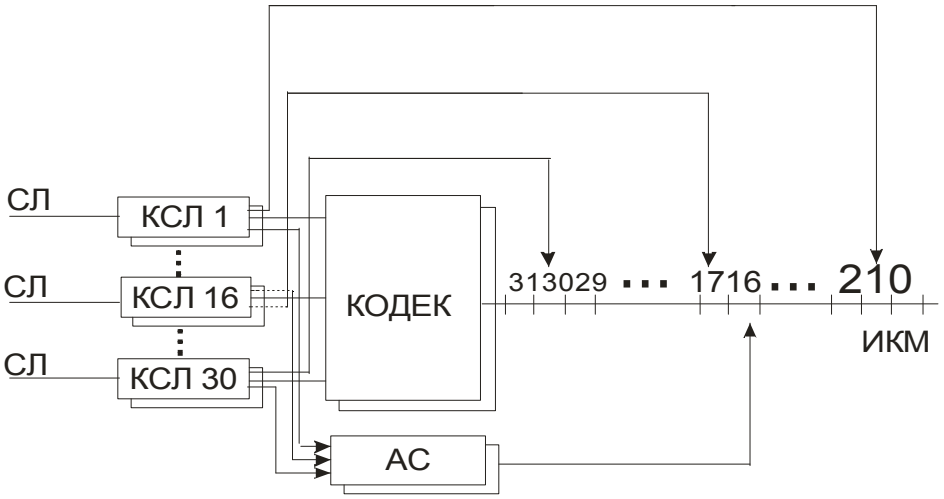


Рис. 9.20. Структурная схема МАСЛ

Кодек осуществляет АЦП, мультиплексирование и демультиплексирование, что обеспечивает стык между АЛ и КП, жестко закрепляя каждый КСЛ за определенным временным интервалом ИКМ-линии.

Адаптер сигнализации (АС) согласует сигнализацию КСЛ с сигнализацией станции. АС предназначен для передачи и приема *сигналов управления и взаимодействия* (СУВ) от 30 линий в 16-м временном интервале ИКМ линии.

9.6. Способы аналогового абонентского доступа в ЦСК

В настоящее время известны три основных способа повышения эффективности использования АЛ при наличии аналоговых систем коммутации:

1) применение спаренного включения двух абонентов;

2) включение телефонных аппаратов ТА по схеме с высокочастотным уплотнением АЛ (АВУ);

3) использование подстанций аналоговых АТС.

Спаренным включением называют подключение двух близко расположенных абонентских терминалов с разными телефонными номерами к одной абонентской линии АТС. Как правило, номера абонентов отличаются только последней или предпоследней цифрой номера. Особенность такого включения состоит в том, что при занятии линии одним из абонентов терминал другого автоматически отключается. Вызов со стороны АТС поступает только на тот аппарат, номер которого был набран. В станционной части сети (на АТС) имеются комплекты спаренных аппаратов (КСА), а в абонентской части вмонтированы разделительные диодные цепи. Принцип работы аппаратуры спаренного включения телефонного аппарата (ТА) показан на рис. 9.21.

Комплект спаренных аппаратов производит постоянный опрос абонентов путем изменения полярности линии с частотой 0,5. ..1,0 Гц. Работа приставки диодного разделения основана на обеспечении питанием ТА, занявшего абонентскую линию, и блокированием цепи питания другого ТА, параллельно включенного через блокиратор.

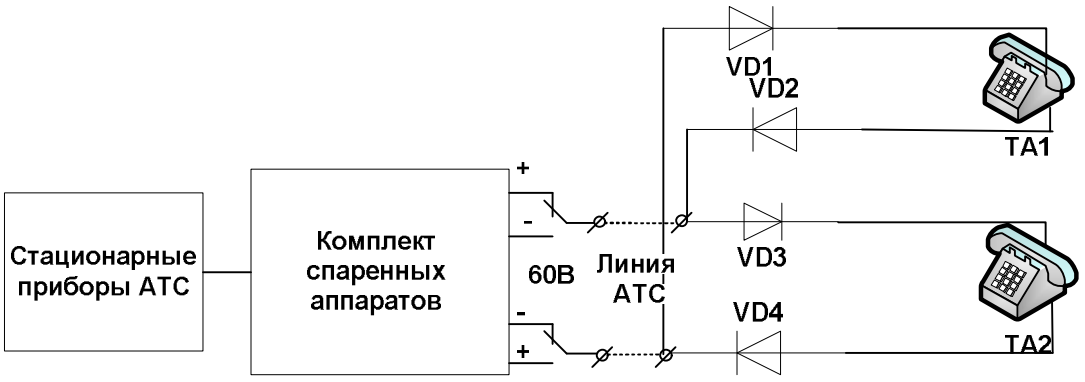


Рис. 9.21. Схема подключения спаренных телефонов

Это достигается включением блокировочных диодов так, чтобы диоды одного ТА были направлены навстречу диодам другого аппарата. Поэтому напряжение подается на каждый аппарат по очереди. Абонент, который первым снимает трубку, занимает линию. При этом на АТС станционное устройство спаривания устанавливает ту полярность, которая обеспечивает питание занявшего линию ТА.

В спаренных телефонах переменное напряжение вызывного сигнала подается не относительно нулевого потенциала, а относительно полярности напряжения питания вызываемого ТА. Сигналы переменного тока (разговорного или вызывного) пропускаются диодами только того из двух ТА, с которого поступает или к которому направляется вызов. Этим обеспечивается избирательность вызова.

Система абонентского высокочастотного уплотнения (АВУ) на одной АЛ позволяет организовать, кроме основного немодулированного исходного сигнала с частотами 0,3...3,4 кГц, еще один дополнительный высокочастотный канал. Этот канал получается однократным преобразованием исходной полосы частот разговорного сигнала в линейную полосу на передаче и обратного преобразования на приеме. Таким образом, при использовании АВУ по одной абонентской линии можно передавать сигналы от двух абонентов одновременно. На рис. 9.22 показаны спектры частот основного канала, сигнал по которому передается без преобразования, и канала, образованного АВУ.

Основной канал занимает полосу частот до 3,4 кГц. Для передачи по высокочастотному каналу от ТА к АТС используется частота 28 кГц, а от АТС к ТА – частота 64 кГц.

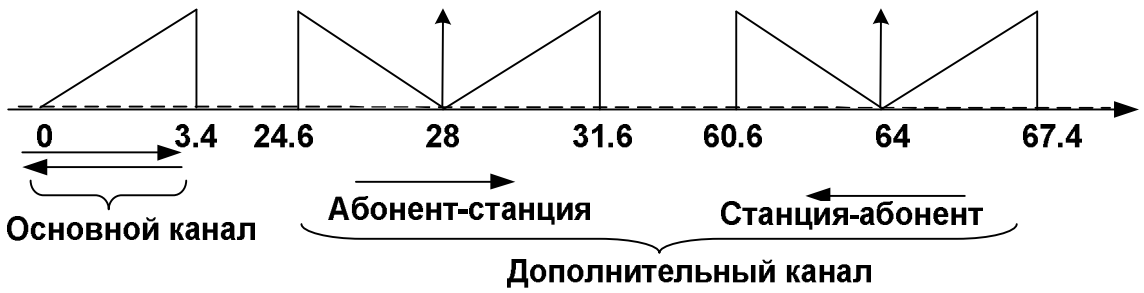


Рис. 9.22. Спектр частот передаваемых сигналов в системе АВУ

С помощью этих несущих формируются сигналы, спектры которых занимают взаимно непересекающиеся диапазоны частот. При

этом от абонента к станции передается сигнал в диапазоне 24,6–31,4 (28±3,4) кГц, а от станции к абоненту – 60,6–674 (64±3,4) кГц. В линию передаются несущая и две боковые частоты, получившиеся при преобразовании исходного сигнала.

При таком способе большая часть мощности линейного сигнала расходуется бесполезно, однако построение системы максимально упрощается и удешевляется.

Система АВУ (рис. 9.23) состоит из двух фильтров для выделения частот основного канала (Д-3,5), двух фильтров для выделения частот дополнительного канала (К-20) и двух блоков высокочастотных преобразователей: станционного (ВЧС) и линейного (ВЧЛ). Система АВУ имеет невысокую надежность и низкое качество связи (особенно высокочастотный канал), что обуславливает необходимость ее замены на цифровые системы.

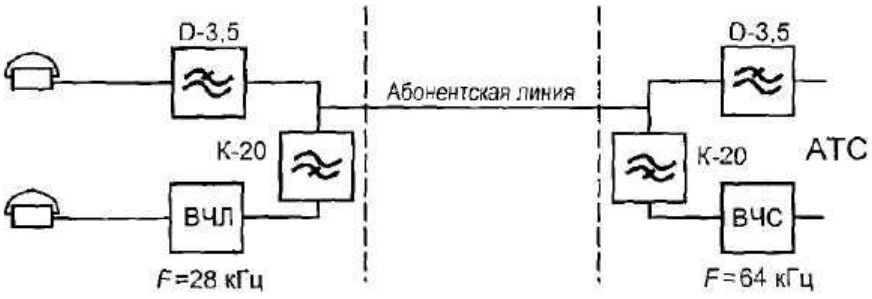


Рис. 9.23. Схема построения АВУ

Способы цифрового абонентского доступа. Значительную часть общих затрат на сооружение ГТС составляют затраты на абонентскую распределительную сеть. В настоящее время наиболее распространены следующие способы повышения эффективности использования АЛ с помощью цифрового оборудования:

- применение каналообразующего оборудования (мультиплексоров);
- организация выноса станционного оборудования в места высокой концентрации абонентов, т. е. использование цифровых концентраторов.

В обоих случаях группа пользователей разделяет между собой общую среду передачи (например, волоконно-оптическая или коаксиальная линия связи, а также воздушная среда).

В телефонных сетях связи широкое применение находит временное мультиплексирование каналов. Принцип временного мультиплексирования представлен на рис. 9.24.

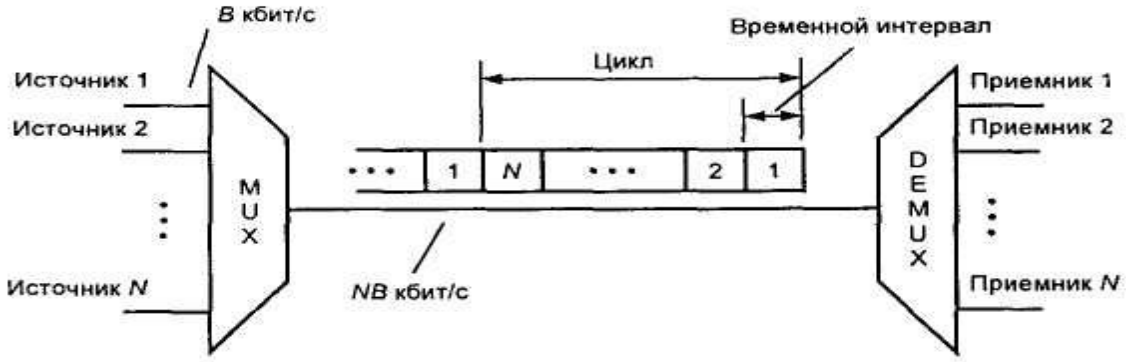


Рис. 9.24. Принцип временного мультиплексирования

При временном мультиплексировании информация от N источников передается поочередно. Для этого организуются циклы передачи, в каждом из которых размещается N временных интервалов.

Информация каждого источника передается в определенном временном интервале, т. е. в первом интервале передается информация первого источника, во втором интервале – второго и т. д. Все *i-е* временные интервалы последующих циклов поставлены в соответствие 1-му источнику. В общем случае мультиплексоры выполняют следующие основные функции: аналого-цифровое преобразование сигналов, их мультиплексирование в общий цифровой поток, обеспечение питания ТА и генерацию сигнальной информации.

Для коммутации характерно соединение между оконечными пользователями или оборудованием. Система мультиплексирования (состоящая из мультиплексора, среды передачи и демультиплексора) не осуществляет коммутацию. Она разделяет среду передачи на логические каналы, каждый из которых используется для взаимосвязи передатчика и приемника. Каждый из N мультиплексированных каналов предназначен исключительно для одной пары источник-получатель, которая остается постоянной во времени. В таких системах вход мультиплексора всегда соединен с одноименным выходом демультиплексора, что свидетельствует об отсутствии коммутации. Иначе дело обстоит в абонентском концентраторе.

Поскольку маловероятно, что все абоненты будут одновременно пытаться осуществлять вызовы, то применение абонентских концентраторов (децентрализация абонентского оборудования АТС) позволяет повысить эффективность использования АЛ по сравнению с мультиплексорами. На рис. 9.25 представлен концентратор емкостью N x M, который концентрирует нагрузку от *N* источников (входов) на *M* выходов (N x M*)*.

Концентраторы обычно размещаются в абонентской сети местной АТС для уменьшения числа входных портов станции. Выход концентратора, а следовательно, входной порт коммутационной станции занимается после поднятия абонентом телефонной трубки.

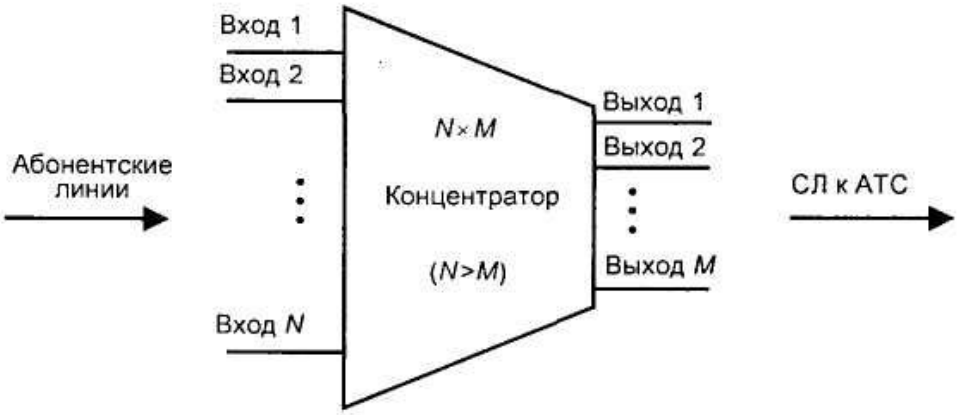


Рис. 9.25. Абонентский концентратор NxM

На телефонных сетях число выходов *M* концентратора, как правило, значительно меньше числа входов *N,* при этом все выходы являются общими и могут использоваться для передачи информации от любого абонента, подключенного к концентратору.

Предположим, что *M* абонентов находятся на обслуживании. В этом случае (M+1)-й абонент при попытке установления соединения получит отказ (вызов блокируется). Соотношение числа входов и выходов концентратора выбирается таким, чтобы сократить затраты на линейные сооружения при незначительной вероятности блокировки вызова.

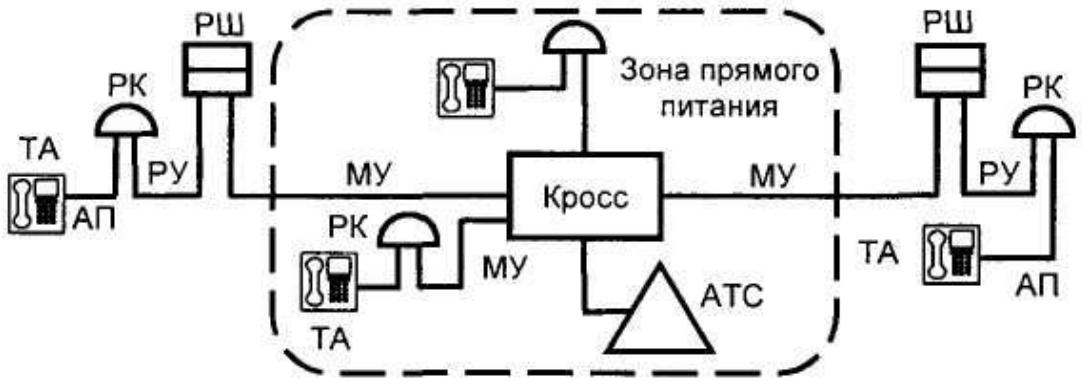
Как в мультиплексоре, так и в концентраторе уменьшение затрат на линейные сооружения достигается путем разделения ресурсов пучка соединительных линий. Однако используемые при этом способы разделения различны. Для мультиплексора число каналов *M* на

выходе равно числу каналов Л/ на входе, в то время как для концентратора справедливо соотношение $M<N$. В отличие от мультиплексора выходная емкость или полоса пропускания концентратора является общей для любого из входов. По требованию источника соответствующему входу предоставляется один из свободных выходов, номер которого сложно предсказать заранее. Мультиплексор также разделяет среду передачи между источниками, но достигается это равноправным распределением общей выходной емкости среды передачи и выделением индивидуального канала для каждой пары источник-получатель.

Построение абонентских сетей. Принципы организации абонентского доступа в течение многих лет не претерпевали существенных изменений с момента создания местных телефонных сетей. В городах абонентские линии прокладывались, как правило, в специально строящейся кабельной канализации.

В сельской местности для подключения абонентов к АТС широко использовались воздушные линии связи. Применение малоканальных систем передачи на абонентской сети не изменило ее структуру.

Типичная структура аналоговой абонентской сети, используемая как на ГТС, так и на СТС, представлена на рис. 9.26. Такая структура соответствует комбинированной схеме построения абонентской сети, так как на реальных сетях используется сочетание двух принципов организации абонентского доступа: «шкафная система» и «прямое питание».



ТА – телефонный аппарат; АП – абонентская проводка;
РУ – распределительный участок; МУ – магистральный участок;
РК – распределительная коробка; РШ – распределительный шкаф

Рис. 9.26. Типовая структура аналоговой абонентской сети

В аналоговой сети абонентского доступа наиболее широкое применение нашли четыре способа подключения абонентских терминалов к АТС:

1) индивидуальная двухпроводная физическая цепь, которая может содержать участки кабеля с различным диаметром жил;

2) спаренное включение, где двухпроводная физическая цепь используется двумя абонентскими терминалами, каждому из которых присвоены различные номера;

3) индивидуальный канал ТЧ, организованный малоканальной системой передачи (система АВУ);

4) доступ абонентов через аналоговую подстанцию (часть аналогового коммутационного оборудования, вынесенного на удаленный от основной станции участок).

Вышеперечисленные варианты не могут рассматриваться как перспективные направления развития абонентских сетей из-за низкой надежности и невысокого качества передачи информации на участке терминал-коммутационная станция. Использование шкафной системы часто приводит к сочленению кабелей, имеющих различный диаметр жил, что существенно затрудняет передачу дискретной информации по АЛ, особенно при организации доступа к ЦСИС.

При проектировании новой цифровой коммутационной станции абонентскую сеть целесообразно строить с учетом перспектив дальнейшего развития электросвязи. Возможные варианты построения абонентской сети приведены на рис. 9.27.

Наиболее часто абоненты включаются в цифровую коммутационную станцию одним из следующих способов:

а) посредством индивидуальных двухпроводных физических АЛ, включаемых в кросс цифровой коммутационной станции;

б) через мультиплексоры *М,* которые с помощью ИКМ-трактов включаются непосредственно в коммутационную станцию;

в) через концентраторы *К,* которые с помощью ИКМ-трактов включаются непосредственно в коммутационную станцию.

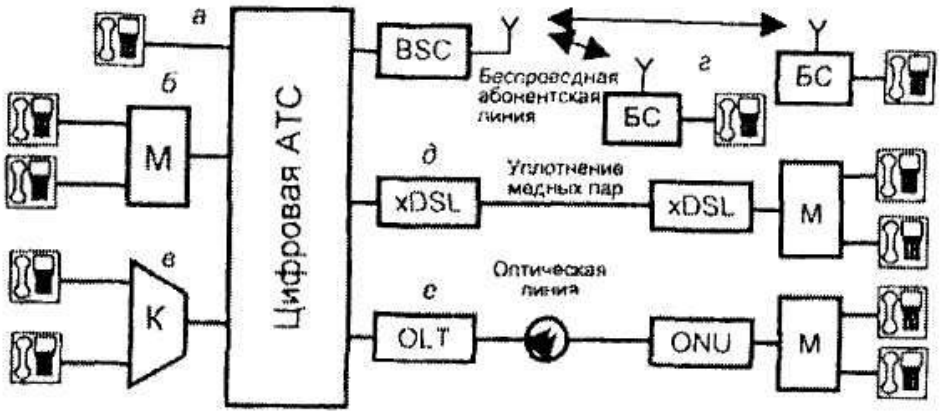


Рис. 9.27. Варианты построения перспективной абонентской сети

В настоящее время в нашей стране активно внедряются современные виды цифрового оборудования абонентского доступа. К ним относятся:

г) беспроводные системы передачи (BSC – контроллер базовой станции системы радиодоступа; BS – базовая станция);

д) цифровые системы передачи для абонентских линий по технологии xDSL (Digital Subscriber Loop);

е) волоконно-оптические системы передачи (OLT, ONU – линейные комплекты оптической системы передачи).

Беспроводное подключение абонентов к сети обеспечивает максимальную мобильность и оперативность связи. Такой способ организации связи становится особенно необходимым, если прокладка кабеля невозможна или связана со значительными затратами. Полоса пропускания для систем радиодоступа ограничена предоставленным частотным ресурсом.

Установка *цифровых систем передачи по технологиям xDSL* на существующей абонентской распределительной сети позволяет быстро и с небольшими затратами увеличить пропускную способность АЛ, а также дает возможность обеспечить абонентам новые информационные возможности.

Прокладка *волоконно-оптических линий связи* обеспечивает абонентам более широкие возможности по полосе пропускания, но прокладка нового кабеля, как правило, является длительным и дорогостоящим процессом. Ожидается, что в ближайшем будущем структура абонентской сети будет меняться и оптимальным будет до-

ведение ВОЛС все ближе к оконечным абонентским устройствам, а также построение абонентской сети по принципу «кольца» с использованием оборудования системы передачи синхронной цифровой иерархии SDH со скоростью потока 155 Мбит/с.

Малоканальная аппаратура уплотнения по технологии DSL. Технология *DSL* основана на технологии U-интерфейса ISDN и получила широкое распространение в аппаратуре абонентского уплотнения. Она относится к разряду малоканальных систем и обеспечивает дуплексную передачу со скоростью 160 кбит/с по одной витой паре. Число каналов, организуемых на одной линии, фиксировано либо программируется и может составлять от 2 до 8. Рассмотрим пример организации четырех каналов по одной абонентской линии. В традиционном случае телефонные аппараты подключаются к аналоговым портам телефонной станции АТС) медной парой по Z-интерфейсу (интерфейс *ab),* как показано на рис. 9.28.

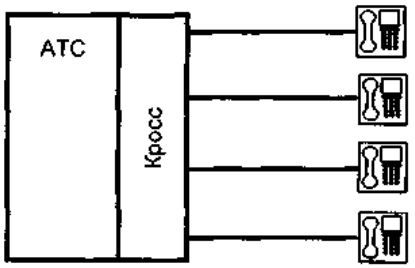


Рис. 9.28. Обычный способ подключения абонентов

Четырехканальная цифровая система передачи по абонентской линии (ЦСПАЛ) представлена на рис 9.29. Она основана на технологии DSL и построена по принципу временного мультиплексирования цифровых потоков.

В модуле *станционного полукомплекта* (СОТ) аналоговые сигналы с помощью модуляции ИКМ и АДИКМ (адаптивная дифференциальная ИКМ) преобразуются в цифровые потоки.

Далее четыре цифровых потока объединяются в один групповой поток и передаются в цифровом виде по абонентской линии. В *абонентском полукомплекте* (RT) происходит обратное преобразование, и по своей структуре он во многом повторяет станционный. Его особенностью является необходимость реализации в нем абонентской сигнализации, в том числе вызывного сигнала (звонка) и питания

абонентских телефонных аппаратов. Поэтому в абонентском полукомплекте содержится собственный вторичный источник питания, получающий энергию либо по цифровой абонентской линии от станционного полукомплекта СОТ, либо от бытовой электросети. Работа полукомплектов осуществляется под управлением микропроцессора.

Кроме этого цифровая система передачи позволяет передавать от АТС к абоненту сигналы абонентской сигнализации («ответ станции», «занято» и т. д.), а в обратном направлении – сигналы набора номера и состояние абонентского шлейфа (замкнут/разомкнут).

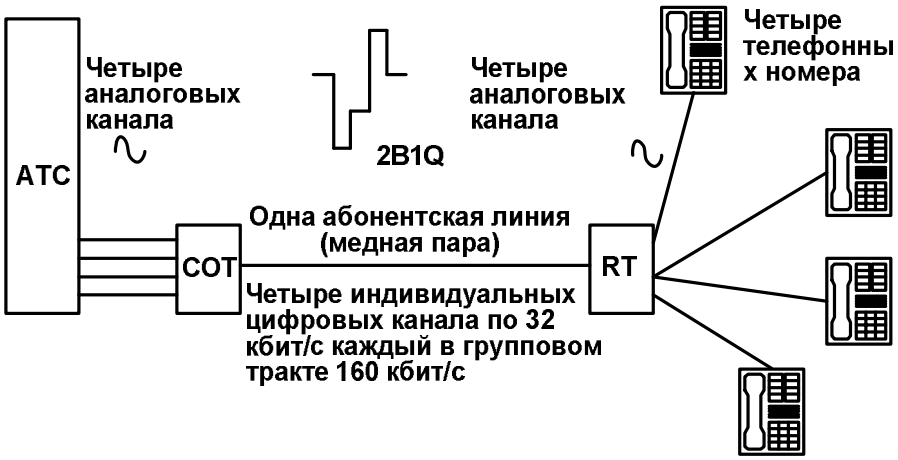


Рис. 9.29. Четырехканальная цифровая аппаратура уплотнения по технологии DSL

Аналоговые сигналы от абонентских комплектов АТС через схему согласования поступают на кодек ИКМ, на выходе которого образуется цифровой поток 64 кбит/с на каждый канал. Затем эти потоки сжимаются с применением алгоритма АДИКМ специальной микросхемой транскодера до скорости 32 или 16 кбит/с в зависимости от заданного числа каналов в системе. Далее потоки мультиплексируются и передаются на линию по U-интерфейсу. На линии сигнал кодируется кодом 2B1Q. Обеспечивается также эхокомпенсацией, что позволяет одновременно вести прием и передачу по одной паре.

U-интерфейс является широко используемым интерфейсом в сети ISDN. Он обеспечивает передачу данных по медной паре двух каналов B по 64 кбит/с и одного канала D со скоростью 16 кбит/с. Для служебных целей в системе организуется еще один дополнительный канал со скоростью 16 кбит/с. Общая скорость передачи составляет 160 кбит/с (2B + D+16 кбит/с).

В случае четырехканальной аппаратуры каждый В канал содержит два речевых канала (по 32 кбит/с каждый), в случае восьмиканальной – четыре (по 16 кбит/с каждый). В обоих случаях оставшиеся 32 кбит/с используются для передачи сигнализации и дистанционного управления.

Некоторые системы позволяют программировать процесс кодирования на каждом из каналов. Например, система может быть сконфигурирована в трехканальный режим (2 канала АДИКМ 32 кбит/с+1 канал ИКМ 64 кбит/с) или двухканальный режим (2 канала ИКМ 64 кбит/с). Такое изменение конфигурации рекомендуется в случае использования на одном из каналов системы высокоскоростного модема (33600 бит/с), т. к. АДИКМ-сжатие ограничивает возможную скорость передачи данных до 14400 бит/с.

Технология xDSL. Аббревиатуру xDSL принято использовать для обозначения технологий *высокоскоростной цифровой передачи по абонентской линии*. Буква *x* перед DSL говорит лишь об одной из технологий семейства DSL, причем обозначение версии для многих технологий этого семейства пока не стандартизировано. Исключение составляют те из xDSL-технологий, названия которых узаконены организациями ETSI, ANSI или ITU.

Изначально аббревиатура xDSL использовалась исключительно для применения на медных абонентских линиях. Однако в последнее время многие компании, производящие оборудование сетей абонентского доступа, для популяризации собственного продукта путем прибавления сокращения SDL значительно расширили толкование и спектр технологий семейства xDSL. К ним можно отнести: WDSL (W–wireless), AirDSL, skyDSL – радиодоступ; FDSL (F – fiber); PDSL (P – powerline). Рассмотрим лишь те технологии, которые к настоящему времени получили наиболее широкое распространение.

Согласно первому определению *DSL (Digital Subscriber Line)* – это трехканальная линия, соединяющая ISDN-терминал пользователя с коммутационной системой. Используя *базовый доступ ISDN* (два коммутируемых канала по 64 кбит/с и один 16 кбит/с канал передачи данных), DSL обеспечивает одновременную дуплексную транспортировку речи и данных, а также сигнальной и другой служебной информации.

Вслед за DSL-линиями в начале 90-х появился первый представитель семейства xDSL – *HDSL (High bit rate Digital Subscriber Line)* – высокоскоростная цифровая абонентская линия. Технология HDSL обеспечивает полный дуплексный обмен на скорости 2 Мбит/с. Для передачи могут использоваться две или три кабельные пары. Технология HDSL разрабатывалась так, чтобы обеспечить работу на большинстве существующих АЛ. Главной идеей является использование существующего электрического кабеля для передачи цифровых потоков на большие расстояния. Оборудование HDSL применимо для работы по кабелю различных типов – симметричному (ТПП и аналогичный), магистральному (КСПП, ЗКП) и коаксиальному.

Дальнейшим развитием технологии HDSL стало появление устройств симметричной высокоскоростной цифровой абонентской линии, работающих по одной паре – *SDSL (Single Pair Symmetrical Digital Subscriber Loop).* В последние годы разработаны также более высокоскоростные технологии DSL, например такие, как ADSL и VDSL.

Технология асимметричной цифровой абонентской линии -*ADSL (Asymmetric DSL)* – обеспечивает передачу до 8 Мбит/с в направлении «от сети к абоненту» и до 640 кбит/с в направлении «от абонента к сети» и обещает быть весьма перспективной для доступа к сети Internet. Вместе с тем ADSL вряд ли найдет широкое применение в телефонии, где, как правило, необходима симметричная дуплексная передача. Применение ADSL, как средства доступа, сдерживается в настоящее время также ограниченной пропускной способностью магистральных сетей. Например, Inte-met-провайдер с пропускной способностью магистральной сети 155 Мбит/с (STM-1) сможет подключить на скорости 8 Мбит/с всего около 20 абонентов (155/8).

RADSL (Rate-Adaptive DSL) – «с адаптивной скоростью передачи». Эта технология не является, строго говоря, стандартом, так как решения по динамической адаптации скорости соединения в зависимости от условий (длины линии, например) пока являются частными и у каждого производителя свои. Обычно это аналог какой-нибудь из версий DSL – HDSL или ADSL в зависимости от производителя. Основная идея – «выжать» из линии максимум возможностей.

VDSL (Very high bitrate DSL) – «с очень высокой скоростью передачи». Эта технология пока находится только на начальной стадии разработки. VDSL предназначается для предоставления высо-

коскоростных (51–55 Мбит/с) соединений на достаточно короткие (по меркам DSL), до 300 м, расстояния. Технология разрабатывается, прежде всего, для подключения пользователей к сетям АТМ в целях предоставления расширенных сервисов. В силу ограничений по дальности – это узкоцелевое, хотя и весьма привлекательное решение. В России VDSL пока реальным спросом не пользуется.

G.Lite – эта аббревиатура обозначает «облегченный» вариант ADSL. За счет некоторого снижения скорости передачи G.Lite позволяет упростить схему параллельной работы модема и телефона по одной и той же линии. Эта версия DSL весьма популярна в США, но ее перспективы в России вызывают у специалистов некоторые сомнения, поскольку она ориентирована, в первую очередь, на индивидуальных пользователей, что пока еще далеко не каждому доступно в нашей стране.

9.7. Средства и системы доступа на основе аппаратуры HDSL

В высокоскоростных сетях доступа на основе КЛС широко применяется аппаратура HDSL, обеспечивающая высокое качество передачи на существующих медных кабелях. Эта аппаратура позволяет подключать цифровую аппаратуру со стандартными интерфейсами на скорости передачи 64–2048 кбит/с. Регенератор удваивает дальность передачи, при этом теоретически их можно устанавливать до 7–8 штук на одной линии.

В последнее время появилось семейство аппаратуры на основе нового вида линейного кодирования ТС-РАМ16 с возможностью использования регенераторов и каскадного включения, которое обеспечивает скорость передачи до 2 Мбит/с и дальность до 100 км.

Аппаратура HDSL и ее применение в сетях доступа. Аппаратура HDSL производится многими зарубежными компаниями и рядом отечественных производителей. Основной характеристикой аппаратуры HDSL является дальность передачи, которая практически полностью определяется типом применяемого линейного кодирования. Аппаратура HDSL, использующая кодирование 2B1Q, обеспечивает одинаковую дальность передачи при одной и той же помехоустойчивости. Дальность и помехоустойчивость аппаратуры с модуляцией

CAP несколько выше, чем у аппаратуры с модуляцией 2B1Q, однако, практически они идентичны по основным характеристикам.

Пользовательские интерфейсы аппаратуры HDSL стандартизованы для достижения совместимости с интерфейсами доступа оборудования пользователей в сети. Наиболее широко применяемым в сетях доступа является интерфейс E1 со скоростью передачи 2 Мбит/с, соответствующий Рек. G.703 ITU-T. Его применяют все производители оборудования HDSL.

Для применения аппаратуры HDSL в сетях передачи данных требуются интерфейсы доступа, позволяющие программировать скорость передачи для пользовательских интерфейсов от 64 кбит/с до 2 Мбит/с (с шагом 64 кбит/с) при неизменной линейности. Таких интерфейсов на линии может быть несколько, например, V.35, V.36, X.21. Для связи локальных сетей или выхода в Интернет применяется интерфейс Интернет, как правило, 10 Base T.

Аппаратура HDSL предусматривает возможность резервирования тракта E1 по схеме (1+1), причем две пары модемов HDSL включаются параллельно, как правило, с использованием пар различных КЛС. При выходе из строя одного из трактов (из-за отказа кабельной пары или системы HDSL), передача осуществляется по второму тракту, т. е. обеспечивается 100 %-ное горячее резервирование.

Аппаратуру HDSL обычно поставляют с системой управления, которая обеспечивает дистанционное конфигурирование и управление многими удаленными терминалами на основе стандартных протоколов управления, например, SNMP.

Сравнительные характеристики наиболее известных и распространенных систем HDSL можно найти в [15].

Применения аппаратуры HDSL в сетях доступа рассмотрим на примере оборудования серии WATSON производства компании Schmid Telecom AG, как одного из наиболее гибких решений.

Компания Schmid Telecom AG (Цюрих, Швейцария) является одним из ведущих мировых производителей оборудования HDSL. В отличие от большинства других поставщиков, Schmid поставляет системы HDSL, основанные на обеих технологиях кодирования – 2B1Q (WATSON2) и CAP (WATSONS, WATSON4). В системе WATSON4 впервые в мире применена технология кодирования CAP-128, обеспечивающая скорость передачи 2 Мбит/с по одной паре медного ка-

беля. Опыт применения систем HDSL в России показывает, что аппаратура WATSON3 (технология CAP-64) безусловно, превосходит по дальности, помехозащищенности и другим показателям аппаратуру, основанную на модуляции 2B1Q. Технология HDSL обладает явными преимуществами перед другими технологиями при организации цифровых трактов для сетей доступа. В отличие от ВОЛС, КЛС на коаксиальном кабеле или РРЛ, системы HDSL имеют низкую стоимость и могут быть установлены в считанные часы на существующих медных кабелях традиционных КЛС.

Некоторые типовые примеры применения аппаратуры и систем HDSL в сетях доступа приведены на рис. 9.30 и 9.31.

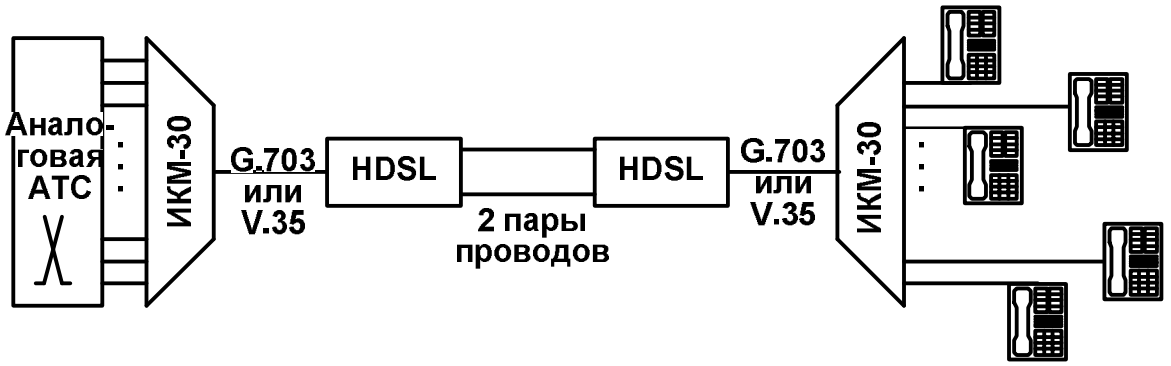


Рис. 9.30. Подключение удаленных абонентов с помощью аппаратуры HDSL

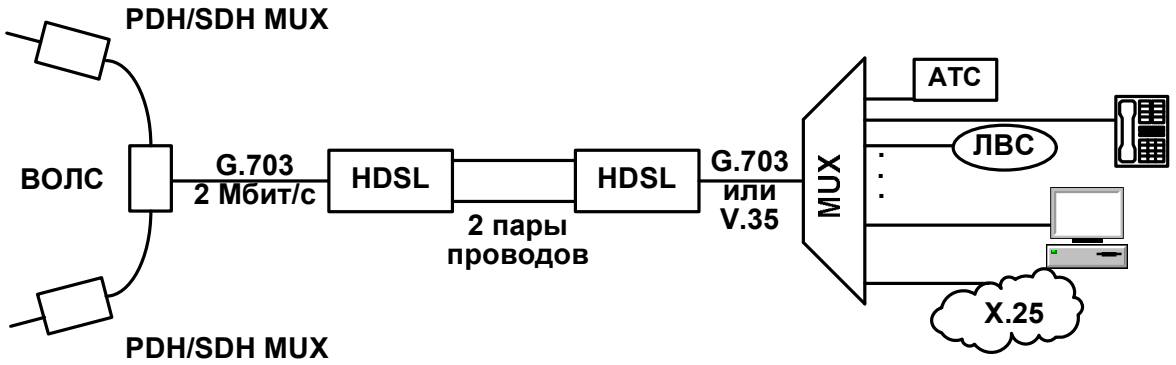


Рис. 9.31. Доступ к транспортной сети СЦИ/SDH с помощью аппаратуры HDSL

Возможности для применения технологии и аппаратуры HDSL непрерывно расширяются по мере роста потребности в недорогом, быстро устанавливаемом и надежном оборудовании для высокоскоростных сетей доступа.

ГЛАВА 10. СОВРЕМЕННЫЕ ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ

10.1 Коммутационная система SI-2000

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.

1)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 %.

Структура системы

Системы SI-2000 являются многомодульными, программно управляемыми с распределенным управлением и многослойной структурой.

В состав SI-2000 входят следующие основные функциональные узлы (рис. 10.1):

- **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 (OMC), интегрированной системы электропитания (IPS и MPS).

Групповой переключатель GSM обеспечивает коммутацию разговорных каналов максимально 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.

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 т. ч. – наличие тарифного модуля. Если тарифного модуля нет, модуль ADM автоматически берет на себя выполнение его функций.

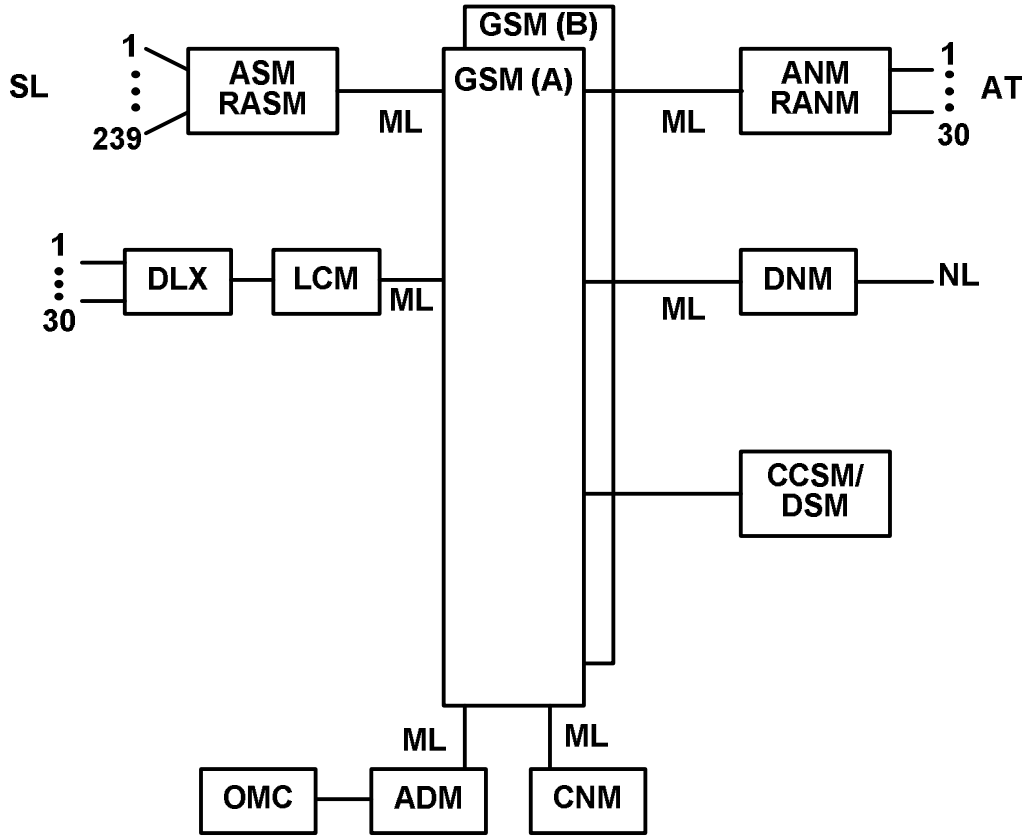


Рис. 10.1. Структура системы SI-2000

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 (1PC) 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.

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.

Интерфейс SIN (рис. 10.2) обеспечивает в каждой секции абонентского модуля распознавание данных для своей секции. Интерфейс S1N 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 интерфейсе 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.

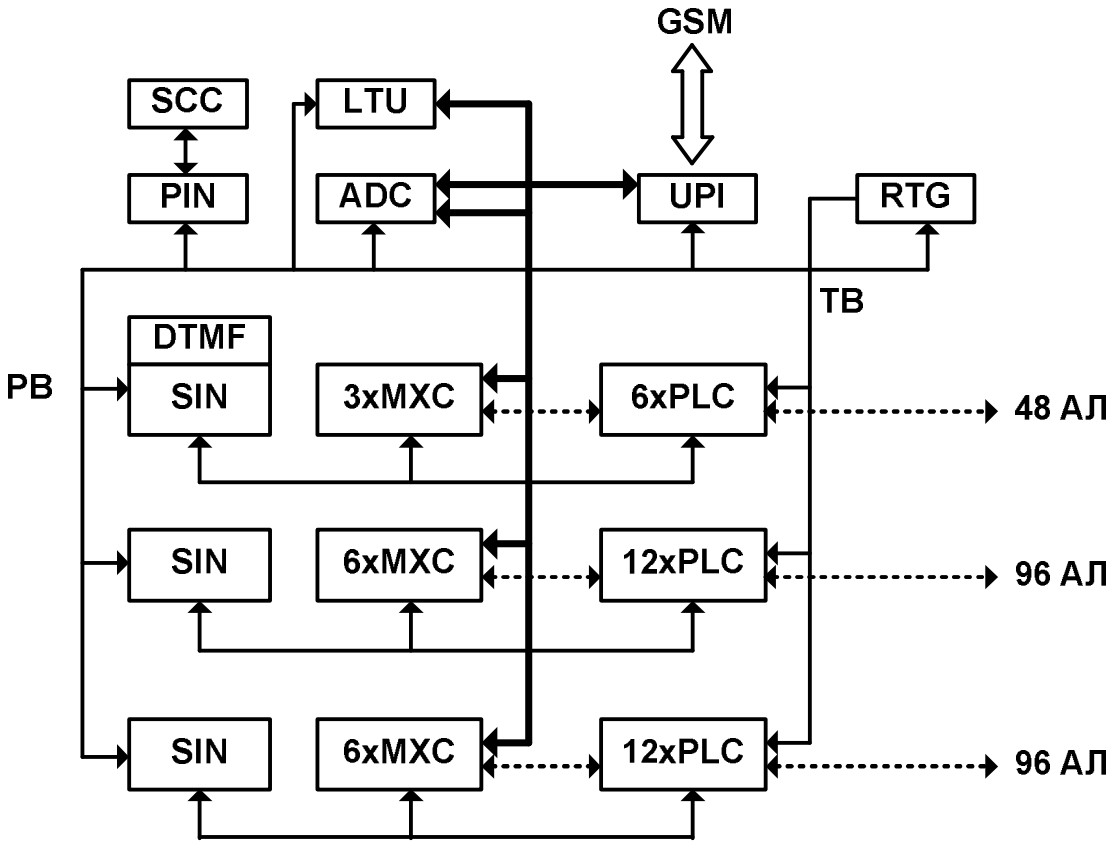


Рис. 10.2. Блок схема модулей ASM (RASM):
РВ – периферийная шина, ТВ – шина акустических сигналов

Разговорные пути с абонентского комплекта на съемном блоке PLC физически соединены с горизонталями коммутационного поля на съемном блоке MXC так, что блок MXC 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 MXC 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 канальные 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, т. к. 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.

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.

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.

10.2. Коммутационная система AXE-10

Система AXE-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 AXE-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 –51В постоянного тока,
- управление – иерархическое, с распределением нагрузки и функций.

Структура системы. AXE-10 состоит из двух основных частей: коммутационного оборудования для коммутации телефонных вызовов (APT) и вычислительной машины для управления коммутационным оборудованием (APZ) (рис. 10.3). Следует заметить, что коммутационное оборудование имеет свои программы, хранящиеся в APZ, но принадлежащие APT.

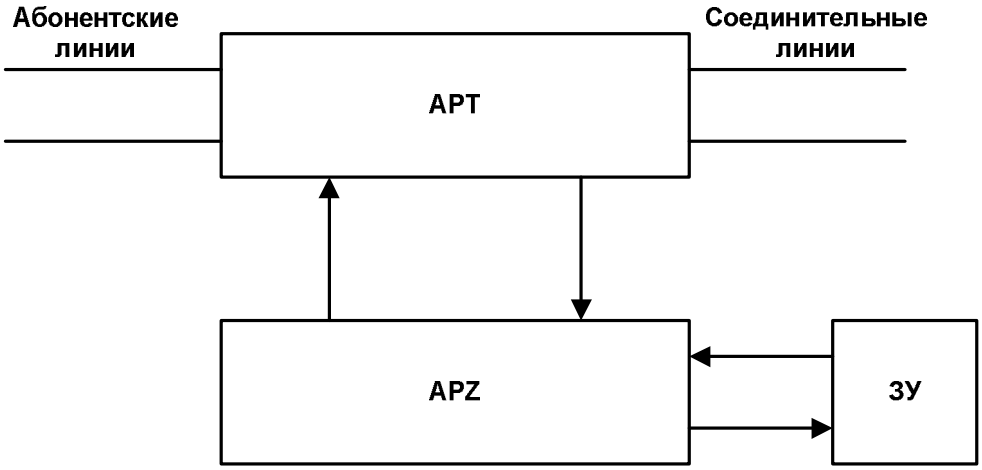


Рис. 10.3. Структура системы. AXE-10

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 (CP) и большое число региональных процессоров (RP), которые обслуживаются соответственно центральным и региональным ПО.

Системы APT и APZ 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 измене-

ниях в состоянии аппаратных средств в центральное ПО. Центральное ПО может взаимодействовать с другими функциональными блоками в центральном процессоре (рис. 10.4). Взаимодействие функциональных блоков всегда происходит на уровне

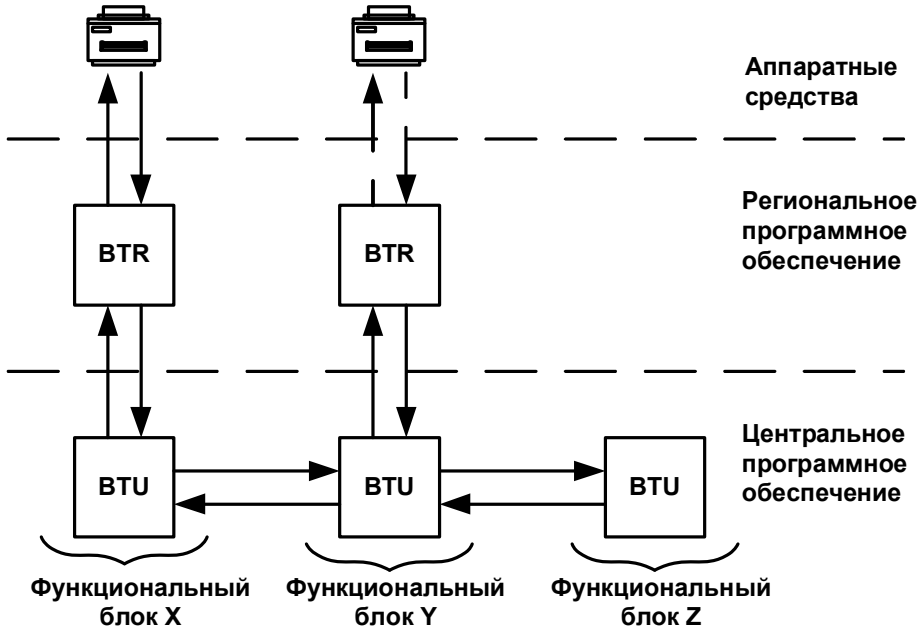


Рис. 10.4. Взаимодействие функциональных блоков

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

Состав системы АРТ. Коммутационная часть AXE-10 делится на несколько подсистем, которые могут содержать аппаратные и программные средства или только программные средства.

Аппаратные подсистемы (рис. 10.5).

- TSS (trunk and signaling subsystem) – подсистема соединительных линий и сигнализаций. 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;

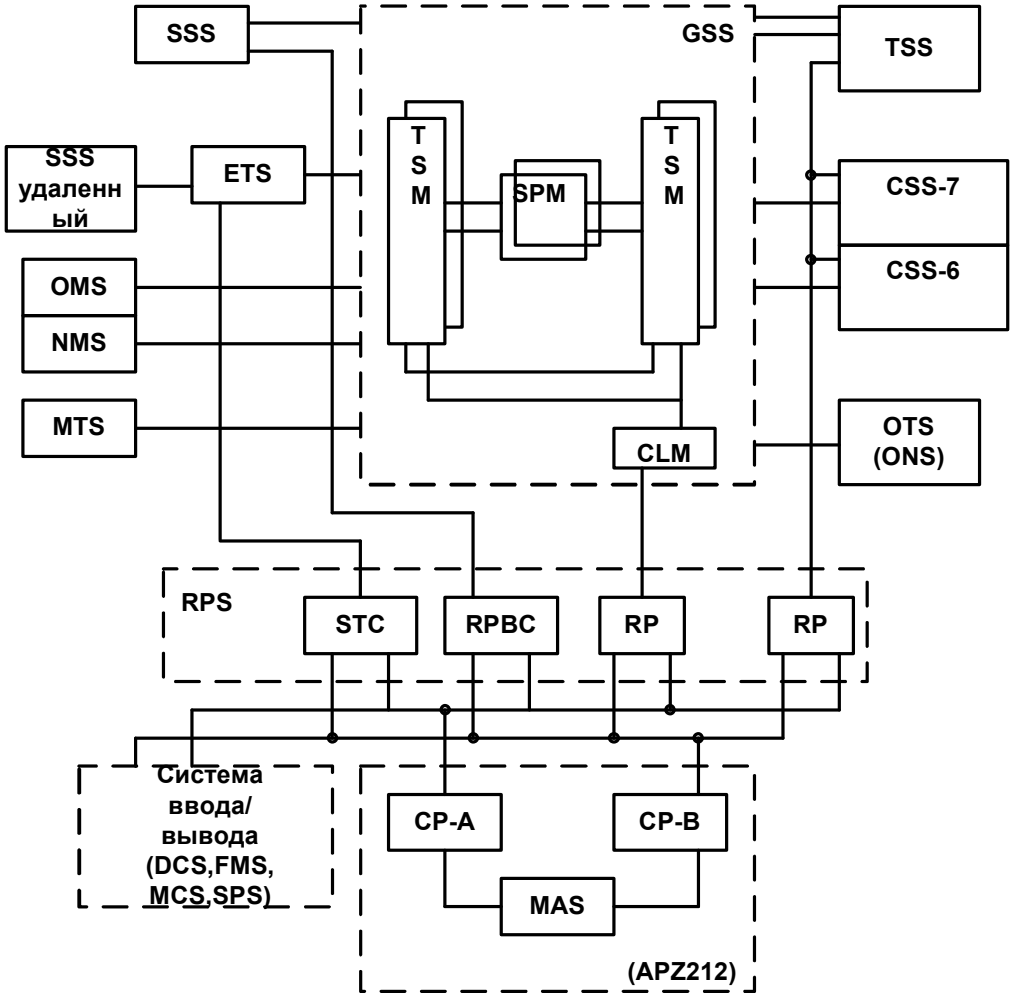


Рис.10.5. Структурная схема AXE-10

- OMS (operation and maintenance subsystem) – подсистема эксплуатации и обслуживания. Подсистема имеет ряд функций, связанных со статистикой и контролем. OMSсчитается одной из самых больших подсистем в АРТ;

- SSS (subscriber switching subsystem) – подсистема абонентского искания. Подсистема управляет нагрузкой 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:

- 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.

Подсистема TCS. Через нее осуществляется внутреннее взаимодействие центральных частей системы. Эта подсистема занимает центральное место в AXE-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 переговоров 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. 10.6). Для подключения цифровых соединительных линий (ИКМ трактов) в AXE-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 сигнализаций.

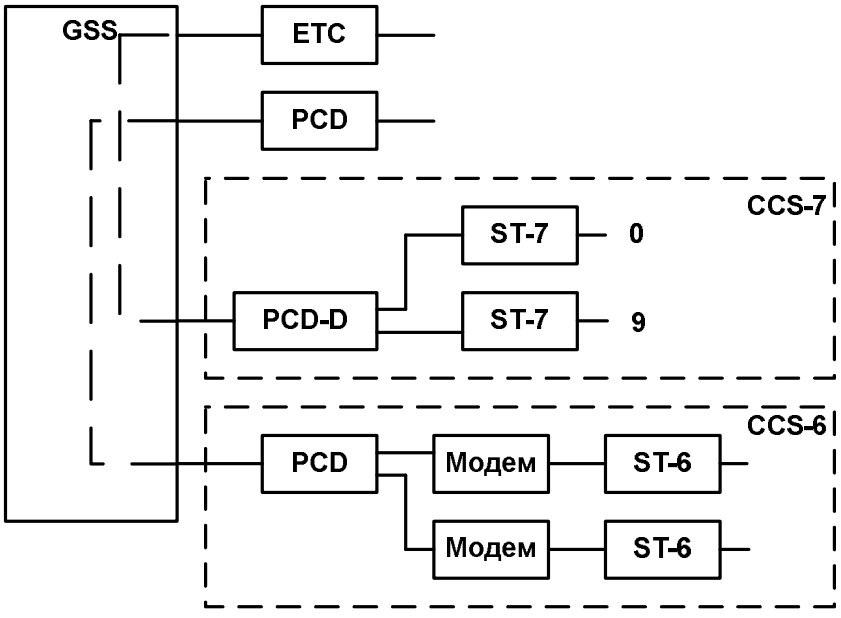


Рис. 10.6. Структура подсистемы TSS

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 GSS, 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 AXE 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.

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.

Цифровая ступень абонентского искания SSS. Подсистема для обслуживания абонентской нагрузки в AXE-10 называется ступенью абонентского искания (SSS). Ступень абонентского искания в AXE цифровая, т.е. аналоговый сигнал от абонентской линии преобразуется в цифровую форму. Это происходит в линейном комплекте (LIC) (рис. 10.7).

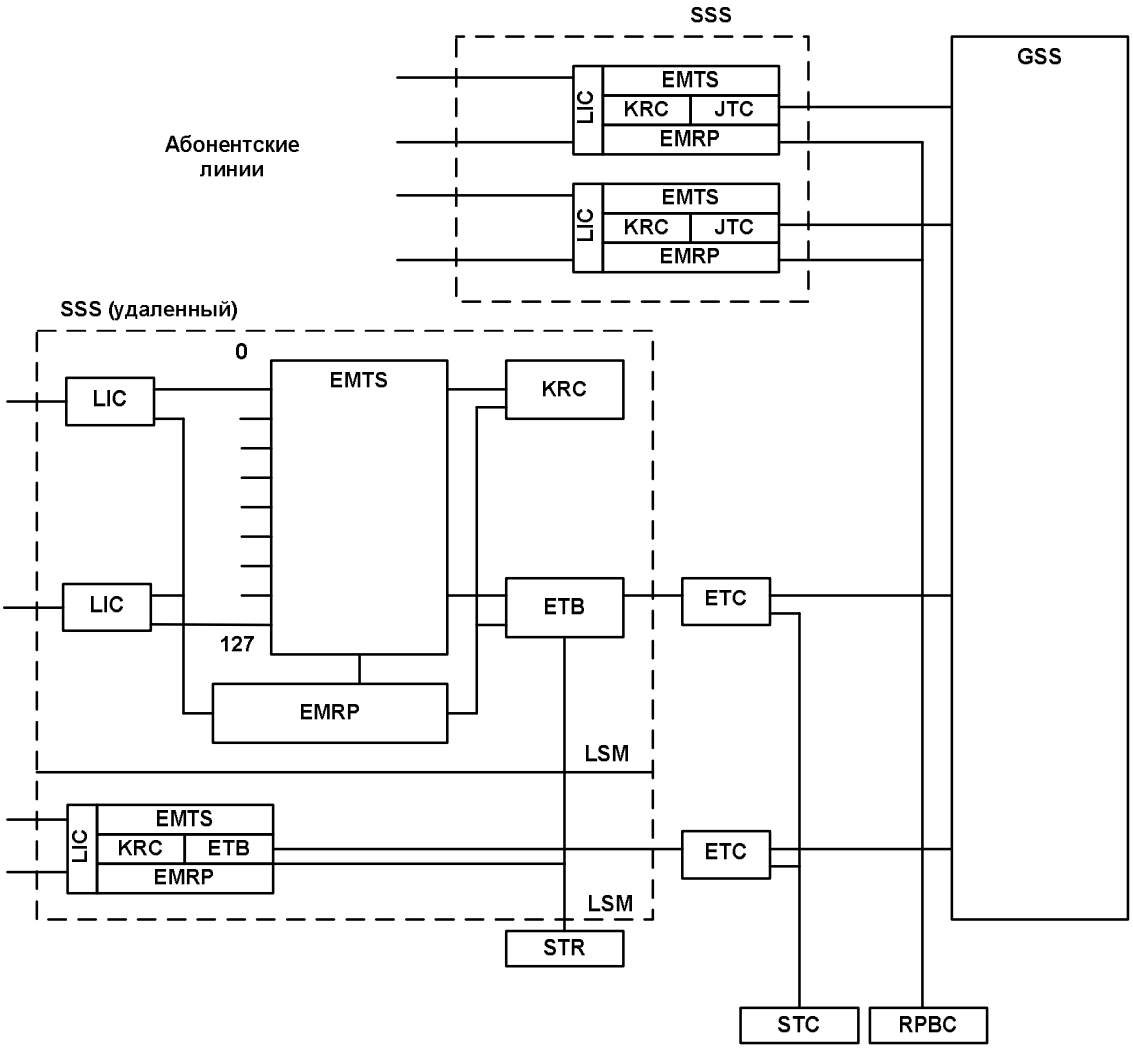


Рис. 10.7. Структура подсистемы SSS

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 регионального 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 ETB 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 ETB 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.

Состав управляющей системы APZ состоит из следующих подсистем:

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;

CS (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 CP (central processor) и SP (support processor);

FMS (file management subsystem) – подсистема управления файлами, управляет всеми типами файлов, используемых в системе.

Краткая характеристика процессоров приведена в табл. 10.1.

Таблица 10.1

Характеристики процессоров

Тип процессора	Емкость станции	Нагрузочная способность процессора (BHCA)
APZ 210	До 36000	144000
APZ 211	До 40000	15000
APZ 212	До 200000	800000
APZ 213	До 2000	11000

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 CPS 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 A (CP–A) и сторона B (CP–B);

- 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.

Как указывалось выше, центральному процессору CP помогает ряд региональных процессоров RP. 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).

Виды доступа. В коммутационной системе AXE-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.

- 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 радио доступа 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* x 64 Кбит/с, протоколы V.11 и V.24.

Список сокращений

АВС – географическая зона нумерации;
ADSL – асимметричная цифровая абонентская линия;
BRA – базовый доступ;
CALL-центр – информационный центр (центр телефонного обслуживания);
DEF – негеографическая зона нумерации;
IP-Интернет – протокол;
IPOP – наложенная сеть; интегрированные точки присутствия Интернета;
ISDN – цифровая сеть с интеграцией служб;
LAN – локальная сеть;
OSI – взаимодействие открытых систем;
PDH – плезиохронная система передачи;
PRA – первичный доступ;
SDH – синхронная система передачи;
SP – пункт сигнализации;
STP – транзитный узел сигнализации;
TMN – система управления сетью телекоммуникаций;
VoIP – технология, позволяющая использовать IP-сеть для передачи речевой информации (или интегрированная голосовая связь по IP);
АМТС – автоматическая междугородная телефонная станция;
АОН – автоматическое определение номера абонента;
АРСС – аппаратура распределения сигналов синхронизации;
АТМ – асинхронный режим передачи;
ВЗГ – вторичный задающий генератор;
ВзПС – внутризоновая первичная сеть;
ВОС – модель взаимодействия открытых систем;
ГСЭ – генератор сетевых элементов мультиплексоров;
ГТС – городская телефонная станция;
ЗСЛ – заказно-соединительные линии;
ЗТУ – зоновый телефонный узел;
ИС – интеллектуальная сеть;
КО – коммутационное оборудование;
КТС – комбинированная сеть;
ЛС – линии связи;
МСУ – мультисервисный сетевой узел;
МСЭ – международный союз электросвязи;
МТА – международный таксофон;

МТУ – междугородный транзитный узел;
МЦК – международный центр коммутации;
НД – нормативные документы;
СОгП – сети ограниченного пользования;
ОПП – промежуточные обходные пути;
ОПС – опорная станция;
ОПТС – опорно-транзитные станции;
ОС – оконечная станция;
ОЦК – основной цифровой канал;
ПО – программное обеспечение;
ППВ – обходной путь последнего выбора;
ПЦИ – плезиохронная цифровая иерархия;
ПЭГ – первичный эталонный генератор;
РАТС – районная АТС;
РРЛ СП – радиорелейные системы передачи;
СД – сеть доступа;
СК – системы коммутации;
СЛ – соединительные линии;
СЛМ – соединительные линии магистральные;
СМП – сеть магистральная первичная;
СПД – сеть передачи данных;
СС – сеть синхронизации;
СТОП – сеть телекоммуникаций общего пользования;
СТС – сельская телефонная сеть;
СУ – сетевое управление;
СЦИ – синхронная цифровая иерархия;
ТА – терминальный адаптер;
ТС – транзитная станция;
ТСС – тактовая сетевая синхронизация;
ТУ – транзитный узел;
УВС – узел входящих сообщений;
УПС – узел пригородных связей;
УС – узел связи;
УСС – узел спецслужб;
ФБ – функциональный блок;
ЦС – центральная станция.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Абилов Р.А.* Сети связи и система коммутации. Учеб. для вузов. – М:. Радио и связь, 2004 . – 368 с.

2. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: Учеб. для вузов. /Под ред. *В.Н. Гордиенко и В.В. Крухмалева*. – М.: Горячая линия - Телеком, 2004.–510с.

3. Телекоммуникационные системы и сети: Учеб. пособие. В 3-х томах. Т. 1. – Современные технологии/ Под. ред. *В.П. Шувалова*. –М.: Горячая линия-Телеком, 2004. –647с.

4. Телекоммуникационные системы и сети: Учеб. пособие. В 3-х томах. Т. 3 – Мультисервисные сети/ Под ред. *В.П. Шувалова*. –М.: Горячая линия-Телеком, 2005.–592с.

5. *Гольдштейн Б.С.* Системы коммутации. –СПб.: БХВ-Санкт-Петербург, 2003. –318с.

6. Джон К. Беллами. Цифровая телефония. –М.: Эко-Трендз, 2004.–640с.

7. *Шмалько А.В.* Цифровые сети связи: основы планирования и построения. –М.: Эко-Трендз, 2001. –282с.

8. *Крестьянинов С.В. и др.* Интеллектуальные сети и компьютерная телефония. –М.: Радио и связь, 2001. –240 с.

9. *Давыдов Г.В. и др.* Сети электросвязи. М., «Связь»,1977. –360с.

10. Теория сетей связи. Учеб. для вузов связи. /Под ред. *В.Н. Рогинского*. – М.: Радио и связь, 1981. –192 с.

11. *Баркун М.А., Ходасевич О.Р.* Цифровые системы синхронной коммутации - М.: Эко-Трендз, 2001. – 187с.

12. *Аваков Р.А. и др.* Управляющие системы электросвязи и их програмное обеспечение: Учеб. для вузов. –М.: Радио и связь, 1991. –256с.

13. *Баркун М.А.* Цифровые автоматические телефонные станции: Учеб. пособие для вузов. –Мн.: Высш.шк., 1990. –192с.

14. *Бесслер Р. и др.* Проектирование сетей связи. Справочник. –М.: Радио и связь,1988.–272с.

15. *Шварц М.* Сети связи: протоколы, моделирование и анализ –М.: Наука. Ч.1. 1992. –336 с. Ч.2. –272с.

16. *Давыдкин П.Н. и др.* Тактовая сетевая синхронизация. Учеб. для вузов. –М.: Эко-Трендз. 2003 г. –203с.

17. *Кучерявый Д.Е.* Пакетная сеть связи общего пользования Н и Т. 2004. –272с.

18. *Парфенов Ю.А.* Цифровые сети доступа: медные кабели и оборудования. –М.: Эко-Трендз,2005. –288с.

19. Шехтман Л.И. Системы телекоммуникации: проблемы и перспективы. –М.: Радио и связь, 1998. –280с.

20. *Бирюков Н.А.* Транспортные сети и системы электросвязи. Системы мультиплексирования. –Киев, 2003. –350с.

21. *Романов В.В. и др.* Системы и сети электросвязи. –М.: Радио и связь, 1987.–296с.

22. *Рогинский В.Н.* Основы построения сетей и систем передачи информации. –М.:Горячая линия-Телеком, 2005.–384с.

23. *Горелов Г.В и др*. Качество управления речевым трафиком в телекоммутационных системах. 2001. –400с.

24. *Гольдштейн Б.К.* Сигнализация в сетях связи. Т.1. –М.: Радио и связь, 2001. –400с.

25. *Гольдштейн Б.К*. Сигнализация в сетях связи. Т.2. Протоколы сети доступа –М.: Радио и связь, 2002. –292с.

26. *Гольдштейн Б.К*. CALL-центры и компьютерная телефония. –М.: Радио и связь, 2002. –374с.

27. *Гольдштейн Б.К*. IP-телефония. –М.: Радио и связь, 2001. –306с.

28. *Иванова Т.И.* Абонентские терминалы и компьютерная телефония. –М.: Эко-Трендз, 2002. –384с.

29. *Иванова Т.И.* Компьютерная технология в телефонии. –М.: Эко-Трендз, 2003. –306с.

30. *Иванова Т.И.* Корпоративные сети связи. –М.: Эко-Трендз, 2001. –384с.

31. Мультисервисные АТМ сети. –М.: Эко-Трендз, 2005. –320с.

32. *Аджемов А.С. и др.* Система сигнализации ОКС № 7. –М.: Радио и связь, 2002. –368с.

33. Аппаратура ИКМ-30. –М.: Радио и связь, 1983. –184с.

34. *Бакалейщик Ф.Б.* Проектирование АМТС.–М.:Радио и связь, 1980. –208с.

35. *Лихтцингер Д.А. и др* Интеллектуальные сети связи. –М.: Эко-Трендз, 2002. –204с.

Содержание

Введение ……3
Глава 1. Общие принципы построения телекоммуникационных сетей ……...7
1.1. Сети и системы электросвязи ……...……...7
1.2. Принципы построения телекоммуникационных сетей ……...10
1.2.1. Состав сетей электросвязи ……..……...…..10
1.2.2. Классификация сетей электросвязи. ……...11
1.2.3. Принципы построения взаимоувязанных сетей связи ……..12
1.3. Особенности построения вторичных телекоммуникационных сетей ……..…..….14
1.3.1. Сети телефонной связи ……...……...…...14
1.4. Телеграфная связь и построение первых сетей ….…..……...16
1.5. Сети передачи данных ……..……. ……...…….....22
1.5.1. Структура информационно-вычислительной сети ……..…..25
1.5.2. Современные системы обмена данными ……..……31
1.6. Сети звукового и телевизионного вещания……...…….37
1.7. Построение корпоративной сети ……..……42
Глава 2. Принципы построения сетей и систем радиосвязи …..……49
2.1. Основы построения систем сотовой связи ……50
2.2. Сотовая сеть стандарта GSM ……..55
2.3. Основы транкинговых систем радиосвязи ……..……..58
2.3.1 Архитектура транкинговых сетей…….59
2.3.2 Многозоновая ТРС ……..…...61
2.4. Основы построения систем беспроводного абонентского радиодоступа.....62
Глава 3. Аналоговые и цифровые телефонные сети……..…….70
3.1. Аналоговые телефонные сети ……...……..70
3.1.1. Сельские телефонные сети……...……....71
3.1.2. Городские телефонные сети…...……...……72
3.2. Комбинированные ГТС. Системы нумерации в телефонных сетях…….……..73
3.3. Цифровые сети связи ……...……80
3.3.1. Стратегия построения цифровой сети……...…….80
3.3.2. Построение нерайонированной цифровой ГТС ……....81
3.3.3 Цифровизация аналоговой районированной ГТС без узлов…..84
3.3.4 Цифровизация аналоговой районированной ГТС с узлообразованием……..86

3.3.5. Цифровые сети с кольцевой структурой……...……...88
3.3.6. Стратегия цифровизации СТС……..……..90
3.4. Телефонные сети различного уровня иерархии ……..…..……..94
Глава 4. Принципы сигнализации, синхронизации и управления в цифровых сетях связи……..…..…105
4.1. Классификация видов сигнализации ……...……105
4.2. Абонентская сигнализация …….....109
4.3. Линейная сигнализация…..……..110
4.4. Регистровая сигнализация…….114
4.5. Общеканальная система сигнализации ОКС № 7……..…..…...117
4.6. Синхронизация и управление в сетях связи.……125
4.7. Управление сетью……...……..131
Глава 5. Тенденция развития перспективных сетей связи……..…..135
5.1 Системные и технологические принципы модернизации местных сетей электросвязи …….135
5.2. Принципы модернизации местных транспортных сетей ……...139
5.3. Принципы модернизации местных коммутируемых сетей……140
5.4. Построение сетей мультисервисного доступа ….....150
5.5. Сети следующего поколения ……162
5.6. Принципы перехода к NGN ……...……169
5.7. Цифровые сети интегрального обслуживания…….171
5.7.1. Структура ЦСИО…….....174
5.7.2. Интеллектуальные сети……...175
Глава 6. Базовые сетевые технологии для современных цифровых транспортных и корпоративных сетей связи ……..……178
6.1. Технологии передачи для транспортных сетей ……..….178
6.2. Технологии передачи в сетях доступа ……..180
6.3. Технология плезиохронной цифровой иерархии ……....182
6. 4. Технология синхронной цифровой иерархии ……...….184
6.5. Мультиплексирование цифровых потоков СЦИ/SDH ……...…185
6.6. Технология сети Интернет ……..…….190
6.7. Магистральные транспортные сети и сети доступа ……...…196
6.8 Построение высокоскоростных сетей абонентского доступа….198
Глава 7. Принципы построения систем коммутации ……..…201
7.1 Общие положения ……...…201
7.2. Классификация коммутационных приборов ……..……202
7.3. Коммутационные блоки: …. ……...……204

7.4. Способы построения коммутационных блоков ……..….205
7.5. Коммутационные схемы и их характеристики ……..…..208
7.5.1. Однозвенные и двухзвенные схемы ……..……...208
7.5.2. Анализ характеристик трехзвенной КС ……...……213
7.6. Основы цифровой коммутации ……..…….…….216
7.7. Принципы построения цифровых коммутационных полей
и блоков……..224
7.7.1. Классификация цифровых коммутационных полей ……...….228
7.7.2. Цифровые КП первого класса ……...….129
7.7.3. Цифровые КП второго класса ……..……..231
7.7.4. Цифровые КП третьего класса ……..……..233
7.7.5. Цифровые КП четвертого класса ……..……..…….235
7.7.6. Кольцевые цифровые КП ……..……..…….236
Глава 8. Аналоговые системы коммутации ……..……..239
8.1. Декадно-шаговые АТС(АТСДШ) ……..……...239
8.2. АТСДШ с ступенями ПИ и ЛИ (100 номеров) ……..……...….240
8.3. АТСДШ со ступенями ПИ, ЛИ и ГИ (1000 номеров)……..242
8.4. АТСДШ емкостью 10000 номеров 244
8.5. Управление коммутацией в АТСДШ ……..245
8.6. Координатные АТС (АТСК) ……..……..246
8.7. АТСК с одной ступенью ГИ …….. ……...…..……248
8.8. АТСК с двумя ступенями ГИ ……. …….250
8.9 Управление коммутацией в АТСК ……..……..252
Глава 9. Цифровые системы коммутации ……..…….254
9. 1. Особенности структуры ЦСК …..……..……254
9.2. Принцип взаимодействии блоков ЦСК ……...258
9.3. Оборудование доступа в ЦСК ……..……260
9.4. Абонентский комплект и его функции ……...262
9.5. Цифровой абонентский доступ в ЦСК ……..…268
9.6. Способы аналогового абонентского доступа в ЦСК ……272
9.7. Средства и системы доступа на основе аппаратуры HDSL ..….284
Глава 10. Современные системы коммутации ……..…….287
10.1 Коммутационная система SI-2000 ……..287
10.2 Коммутационная система AXE-10 ……..……293
Список сокращений ……..……305
Список использованной литературы ……..……..……..307

Учебное издание

Есназаров Есенкельди Куанышбекович

СЕТИ СВЯЗИ И СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ

Учебное пособие

Зав. РО	*З.А. Губайдулина*
Редактор	*Г.М. Дюсенбаева*
Компьютерная верстка	*Л.Т. Касжанова*

Подписано в печать _____ 2012 г.
Тираж 300 экз. Формат 60 х 84 1/16. Бумага типогр. № 1.
Уч.-изд. л. 19,5. Усл. п.л. 18,1. Заказ № . Цена договорная.

Издание Казахского национального технического университета
им. К И Сатпаева

Информационно-издательский центр КазНТУ, ул. Алматы. Сатпаева, 22

ISBN 978-601-228-376-1

