

М. А. БАРКУН

Цифровые автоматические телефонные станции

Допущено
Министерством народного образования БССР
в качестве учебного пособия
для студентов вузов,
обучающихся по специальностям
23.05 "Автоматическая электросвязь",
23.06 "Многоканальная электросвязь"

ББК 32.882я73

Б25

УДК 621.395.34 (075.8)

Рецензенты: кафедра автоматической электросвязи Рижского политехнического института и доцент кафедры автоматической электросвязи Московского института связи, канд. техн. наук А.Г. Попова

Редактор издательства С.Ю. Липец

Баркун М.А.

Б25 Цифровые автоматические телефонные станции: Учеб. пособие для вузов. — Мн.: Выш. шк., 1990. —192 с.: ил.

ISBN 5-339-00347-7.

Излагаются принципы построения цифровых АТС большой емкости (городских, междугородных, международных), описана краткая история создания нового поколения АТС, приведены сведения об импульсно-кодовой модуляции сигналов электросвязи, дана классификация систем автоматической коммутации, рассматриваются методы построения и основные типы цифровых коммутационных полей, содержится краткая характеристика современных цифровых АТС.

Для студентов вузов специальностей "Автоматическая электросвязь" и "Многоканальная электросвязь". Может быть полезным учащимся техникумов и специалистам предприятий телефонной связи.

2303040300 — 040

Б М304 (03) -90 29-90

ББК 32.882я73

ISBN 5-339-00347-7

© М.А. Баркун, 1990

ПРЕДИСЛОВИЕ

Развитие коммутационной техники, сопровождаемое созданием во многих странах новых типов автоматических телефонных станций (АТС), требует изучения принципов построения этих новых АТС широким кругом лиц (эксплуатационным персоналом, управляющими лицами различного ранга, студентами вузов соответствующих специальностей). При этом наряду со многими организационными трудностями возникает проблема обеспечения учебного процесса методическими разработками. Особенно остро это ощущается в высших учебных заведениях, где студентам не хватает учебной и методической литературы о принципах работы цифровых АТС и практически недоступна поставляемая вместе с оборудованием новых АТС техническая документация.

Автор надеется, что предлагаемое учебное пособие хоть в какой-то степени заполнит указанный вакуум. Основное внимание в нем уделяется принципам построения коммутационных полей цифровых АТС и общим характеристикам этих АТС. Вопросы программного управления и построения управляющих комплексов излагаются лишь в объеме, который требуется для понимания основного материала. Для изучения управляющих комплексов и программного обеспечения АТС следует обратиться к соответствующей литературе.

В пособии описываются принципы построения городских, междугородных и международных телефонных станций с цифровыми сигналами с импульсно-кодовой модуляцией (исключение составляет станция ИТТ 1240, в которой используется адресно-кодовая модуляция сигналов). Станции, коммутирующие цифровые сигналы с другими видами модуляции (например, дельта-модуляцией), не получили пока заметного распространения в городских телефонных сетях.

Автор выражает глубокую благодарность рецензентам: кафедре автоматической электросвязи Рижского политехнического института и доценту кафедры автоматической электросвязи Московского института связи, канд. техн. наук А.Г. Поповой — за ценные указания и рекомендации, способствовавшие улучшению содержания книги.

Все замечания и пожелания просьба направлять по адресу: 220048, Минск, проспект Машерова, 11, издательство "Вышэйшая школа".

Автор

УСЛОВНЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

АИМ – амплитудно-импульсная модуляция	РАТС – районная автоматическая телефонная станция
АЛ – абонентская линия	СА – селектор адреса
АМТС – автоматическая междугородная телефонная станция	САЦО – стойки аналого-цифрового оборудования
АОН – аппаратура автоматического распределения номера	СИС – схема средней степени интегрирования
АТС – автоматическая телефонная станция	СЛ – соединительная линия
АЧХ – амплитудно-частотная характеристика	СОО – стойки оконечного оборудования
БВК – блок временной коммутации	ТИ – терминальный интерфейс
БГК – блок групповой коммутации	ТЧ – тональная частота
БП – блок подключения	УАК – узел автоматической коммутации
БПК – блок пространственной коммутации	УАТС – учрежденческая автоматическая телефонная станция
ВРК – временно́е разделение каналов	УВС – узел входящего сообщения
ВСК – выделенный сигнальный канал	УВСМ – узел входящего сообщения международного
ВШ – входная шина	УЗСЛ – узел заказно-соединительных линий
ДНФ – дизъюнктивная нормальная форма	УИВС – узел исходящих и входящих сообщений
ЗУ – запоминающее устройство	УИС – узел исходящего сообщения
ЗУПВ – запоминающее устройство с произвольной выборкой	УУ – управляющее устройство
ИКМ – импульсно-кодовая модуляция	ФВЧ – фильтр высокой частоты
ИС – интегральная схема	ФНЧ – фильтр нижних частот
ИЦСС – интегральные цифровые сети связи	ФПС – функция приведенной стоимости
КП – коммутационное поле	ЦКЭ – цифровой коммутационный элемент
МККТТ – Международный консультативный комитет по телефонии и телеграфии	ЦСПО – цифровые сети интегрального обслуживания
МЧ – многочастотный	ЦСП – цифровые системы передачи
ОКС – общий канал сигнализации	ЦФ – цифровой фильтр
ОМ – оконечный модуль	ЦУУ – центральное управляющее устройство
ПВ – произвольная выборка	ЧНН – час наибольшей нагрузки
ПЛМ – программируемая логическая матрица	ЧРК – частотное разделение каналов
	ЭОП – элемент с односторонней проводимостью

ВВЕДЕНИЕ

С начала 70-х гг. на телефонных сетях многих стран стали внедрять автоматические телефонные станции нового поколения — цифровые АТС. Цифровые системы коммутации более эффективны, чем однокоординатные системы коммутации пространственного типа.

Важную роль в создании нового поколения АТС сыграли три фактора. Во-первых, с конца 50-х гг. началось внедрение цифровых систем передачи (ЦСП). С их появлением перед специалистами встала задача создания АТС, которые коммутировали бы цифровые сигналы без их преобразования в аналоговую форму. Создание единого цифрового тракта "коммутация-передача" сулило большие преимущества (единая элементная база АТС и ЦСП, уменьшение искажений и шумов передаваемых сообщений и т.д.).

Во-вторых, разработка и массовое производство микросхем сделали реальным построение АТС нового поколения (заметим, что, например, ЦСП с сигналом с импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ), предложенные в 1939 г., были реализованы в середине 50-х гг. именно потому, что появились полупроводниковые приборы).

И, наконец, в-третьих, большое значение имело использование в аппаратуре связи цифровой вычислительной техники. Первый патент на применение ЭВМ для управления АТС был получен в 1956 г. Использование ЭВМ (в виде специализированных электронных управляющих машин) в цифровых АТС позволило не только более экономично по сравнению с электромеханическими АТС реализовать управление самой АТС, но и существенно увеличить гибкость коммутационной системы, расширить вспомогательные диагностические процедуры обслуживания аппаратуры и ввести значительный объем дополнительных видов обслуживания для абонентов за счет их реализации программным способом.

Основными преимуществами цифровых АТС являются: снижение трудовых затрат на изготовление электронного коммутационного оборудования за счет автоматизации процесса их изготовления и настройки; уменьшение габаритных размеров и повышение надежности оборудования за счет использования элементной базы высокого уровня интеграции; уменьшение объема работ при монтаже и настройке электронного оборудования в объектах связи; существенное сокращение штата обслуживающего персонала за счет полной автоматизации контроля функционирования оборудования и создания необслуживаемых станций; значительное уменьшение металлоемкости конструкции станций; сокращение площадей, необходимых для установки цифрового коммутационного оборудования; повышение качества передачи и коммутации; увеличение вспомогательных и дополнительных видов обслуживания абонентов; возможность создания на базе цифровых АТС и ЦСП интегральных сетей связи, позволяющих обеспечить внедрение различных видов и служб электросвязи на единой методологической и технической основе.

Цифровые АТС обладают и недостатками, из которых самыми существенными являются два:

1) внедрение цифровых АТС, построенных на современной элементной базе, не привело к заметному сокращению электропотребления. Так, цифровая АТС ИТТ 1240 потребляет 3 Вт на один абонентский номер, в то время как координатные АТС – 3,2 Вт. Это обусловлено необходимостью непрерывной работы управляющего комплекса вне зависимости от наличия нагрузки на АТС. Кроме того, использование БИС и СБИС в схемах АТС привело к обязательному применению кондиционирования воздуха;

2) внедрение цифровых АТС требует больших первоначальных капитальных затрат на приобретение оборудования. Так, стоимость оборудования цифровой АТС в пересчете на один номер в 2–3 и более раз выше, чем электро-механических АТС.

1. ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ

1.1. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ПОНЯТИЯ

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

Под *физической цепью* понимаются одна или две пары проводов, предназначенных для передачи сигналов электросвязи. В зависимости от среды распространения различают линии передачи кабельные, радиорелейные, спутниковые и т.п.

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

Системой передачи называется совокупность технических средств, обеспечивающая образование линейного тракта и каналов передачи.

Существует еще одно важное понятие — *канал передачи*, т.е. совокупность технических средств и среды распространения, обеспечивающих передачу сигналов электросвязи между двумя станциями телефонной сети в определенной полосе частот либо с определенной скоростью передачи.

Линия передачи может содержать один или несколько каналов.

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

В системах электросвязи информация передается с помощью сигналов. *Сигналом* называется форма представления информации для передачи по каналу. В зависимости от возможных областей задания и определения во времени различают четыре вида сигналов:

- 1) *дискретный сигнал дискретного времени* (сокращенно — *цифровой сигнал*);
- 2) *дискретный сигнал непрерывного времени*;
- 3) *непрерывный сигнал дискретного времени* (сокращенно — *дискретный сигнал*);
- 4) *непрерывный сигнал непрерывного времени* (сокращенно — *аналоговый сигнал*).

Вернемся к системам передачи. В телефонии они делятся на два класса: *системы с частотным разделением каналов (ЧРК)* и *системы с временным разделением каналов (ВРК)*. В системах передачи с ЧРК для передачи сигналов по каждому каналу в диапазоне частот линейного тракта отводится опре-

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

Модуляция — это преобразование одного сигнала в другой путем изменения параметров сигнала-переносчика в соответствии с преобразуемым сигналом. В качестве сигнала-переносчика используют гармонические сигналы, периодические последовательности импульсов и т.д.

1.2. ИМПУЛЬСНО-КODOВАЯ МОДУЛЯЦИЯ АНАЛОГОВОГО СИГНАЛА ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ) — это преобразование, при котором аналоговый сигнал дискретизацией по времени, квантованием отсчетов этого сигнала и их кодированием преобразуется в цифровой сигнал.

Преобразование, при котором аналоговый сигнал представляется дискретным, называется *дискретизацией аналогового сигнала по времени*. При этом значения дискретного сигнала являются отсчетами аналогового сигнала.

Наибольшее распространение получили цифровые системы передачи, в которых применяется равномерная дискретизация аналогового сигнала (отсчеты этого сигнала производятся через одинаковые интервалы времени). При равномерной дискретизации используются понятия *интервал дискретизации* (интервал времени между двумя соседними отсчетами дискретного сигнала) и *частота дискретизации* (величина, обратная интервалу отсчета).

Согласно теореме Котельникова, аналоговый сигнал с ограниченным спектром и бесконечным интервалом наблюдения можно без ошибок восстановить из дискретного сигнала, полученного дискретизацией исходного аналогового сигнала. При равномерной дискретизации аналогового сигнала частота дискретизации должна быть не менее чем в два раза больше максимальной частоты аналогового сигнала.

Математически это означает, что аналоговый сигнал $c(t)$ можно представить следующим рядом:

$$c(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c(n\Delta t) \frac{\sin(2Ft - n)}{\pi(2Ft - n)},$$

где предполагается, что спектр $G_c(\omega)$ функции $c(t)$, $t \in (-\infty, \infty)$ равен нулю вне полосы частот $(-F, F)$. Коэффициенты $c_n = c(n\Delta t) = c(n/(2F))$ равны отсчетам, взятым через интервал дискретизации Δt . Операция дискретизации сводится, таким образом, к взятию отсчетов, что в математическом плане эквивалентно умножению $c(t)$ на последовательность

$\sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - n\Delta t)$. Технически дискретизация по времени производится стробированием сигнала $c(t)$ ключевым элементом, замыкающимся через интервал дискретизации Δt на малое время $\tau \ll \Delta t$.

Известно, что условия точного представления функции рядом Котельникова (ограниченность спектра, бесконечный интервал времени наблюдения, идеальная последовательность δ -функций и т.д.) невыполнимы для реальных сигналов, что обуславливает наличие погрешности дискретизации. Так, ограничение спектра реального сигнала приводит к среднеквадратичной погрешности

$$\bar{\epsilon}^2 = 2 \int_{2\pi F}^{\infty} G_c(\omega) d\omega.$$

В действительности величина погрешности дискретизации больше $\bar{\epsilon}^2$ вследствие других причин.

Как указывалось ранее, канал тональной частоты (основной канал аналогового телефонного канала) должен занимать полосу 300...3400 Гц. Поэтому реальные телефонные сигналы перед дискретизацией пропускают через фильтр нижних частот ($F_{\text{ср}} = 3400$ Гц). Следовательно, частота дискретизации $F_{\text{д}} = 2 \cdot 3400 = 6800$ Гц.

Согласно Рекомендациям Международного консультативного комитета по телефонии и телеграфии (МККТГ) для сигнала, передаваемого по каналу тональной частоты, принята частота дискретизации $F_{\text{д}} = 8000$ Гц. Такая частота облегчает реализацию фильтров аппаратуры ЦСП.

Отметим, что обратное преобразование дискретного сигнала в аналоговый сводится к низкочастотной фильтрации последовательных отсчетов $\{c_n\}$ идеальным фильтром нижних частот с полосой $(0, F_{\text{ср}})$.

При квантовании отсчеты c_n ряда Котельникова, принимающие в реальных условиях значения в диапазоне $c_{\text{min}} - c_{\text{max}}$ (динамический диапазон сигнала), аппроксимируются одним из конечного числа значений $y_q^{(m)} \in \{y_q^{(1)}, \dots, y_q^{(m)}\}$, называемых уровнями квантования. Такая операция подобна округлению и приводит к погрешности $\epsilon_{qi} = c_i - c_{iq}$, называемой шумом квантования.

Выбор уровней $y_q^{(m)}$ производится таким образом, чтобы минимизировать числовую характеристику случайной величины ϵ_q (обычно — среднеквадратичную погрешность) или же упростить реализацию квантователя. Последнее приводит к равномерному квантованию, уровни которого расположены в диапазоне $c_{\text{min}} - c_{\text{max}}$ с шагом Δ . Квантованные значения отсчета могут выбираться в соответствии со следующим правилом:

$$1) \text{ если } y_q^{(j)} \leq c_i < y_q^{(j)} + 0,5\Delta, \text{ то } c_{iq} = y_q^{(j)};$$

$$2) \text{ если } y_q^{(j)} + 0,5\Delta \leq c_i < y_q^{(j+1)}, \text{ то } c_{iq} = y_q^{(j+1)}.$$

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

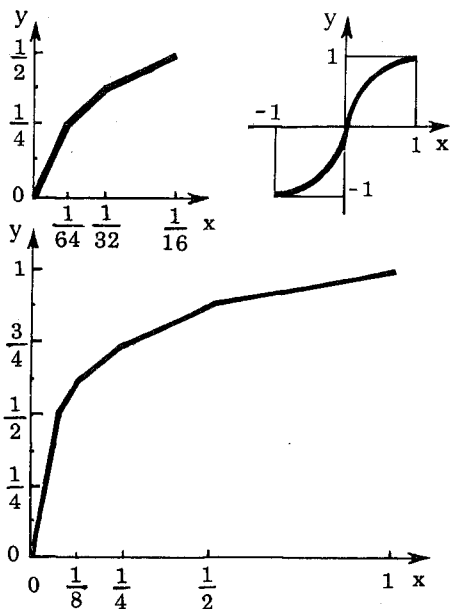


Рис. 1.1. 13-сегментная аппроксимация A -закона компандирования

ный сигнал становится больше при слабых сигналах и меньше при больших. На приемной стороне при восстановлении сигнала производится обратное преобразование — *экспандирование*, и сигнал приводится к исходному виду.

Процесс, при котором в системе передачи после компрессии следует экспандирование сигнала, получил название *компандирования*.

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

$$y = \operatorname{sgn}(x) \left\{ \begin{array}{l} \ln(1 + \mu |x|) / \ln(1 + \mu) \}, \quad -1 \leq x \leq 1; \\ \operatorname{sgn}(x) \left\{ \begin{array}{l} (1 + \ln A |x|) / (1 + \ln A) \}, \quad \frac{1}{A} \leq |x| \leq 1; \\ A |x| / (1 + \ln A) \}, \quad 0 \leq |x| \leq \frac{1}{A} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

где $x = U_{\text{вх}} / U_{\text{вх max}}$; $y = U_{\text{вых}} / U_{\text{вых max}}$; $\mu = 255$; $A = 87,5$. (Заметим, что эти выражения являются характеристиками компрессора.) На Европейском континенте, в том числе и в СССР, применяется A -закон компандирования, причем для простоты реализации используется 13-сегментная кусочно-линейная аппроксимация этого закона (рис. 1.1).

Второй путь снижения шумов квантования состоит в использовании *цифровой компрессии*. При этом сигнал после равномерного квантования коди-

Уменьшение шума квантования прямым способом ($\Delta \rightarrow 0$) приводит к большому числу уровней квантования и как следствие к необходимости передавать кодовые слова большой длины (подробнее об этом см. на с. 11). Последнее приводит к увеличению скорости передачи цифрового потока.

Можно показать строго математически, что равномерное квантование не приводит к минимально возможной среднеквадратичной величине погрешности шума квантования (малый сигнал имеет большое значение шума квантования и наоборот). Теоретически можно построить оптимальный квантователь с неравномерным шагом квантования, однако технические трудности его реализации вынудили искать другие пути.

Первый путь снижения шумов квантования состоит в том, что перед равномерным квантованием дискретный сигнал подвергается *компрессии*, т.е. неравномерному усилению, при котором дискрет-

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

Качество речи	Количество уровней квантования	Число импульсов в кодовом слове	Качество речи	Количество уровней квантования	Число импульсов в кодовом слове
Очень плохое	8 (2 ³)	3	Хорошее	64 (2 ⁶)	6
Плохое	16 (2 ⁴)	4	Очень хорошее	128 (2 ⁷)	7
Посредственное	32 (2 ⁵)	5	Отличное	256 (2 ⁸)	8

руется в линейном кодере с большим числом шагов квантования (например, с числом шагов 4096), чем это принято при обычной компрессии (например, 256), а затем из полученных 4096 комбинаций выбирается только 256. Зависимость шума квантования от уровня модулируемого сигнала остается такой же, как и при использовании аналогового компандера.

Кодированием квантованного сигнала называется отождествление этого сигнала с кодовыми словами. Под *кодовым словом* понимается упорядоченная последовательность символов некоторого алфавита.

На практике в ИКМ аппаратуре используют двоичные кодовые слова, причем каждое двоичное слово соответствует определенному уровню квантования сигнала. Здесь уместно задать такой вопрос: сколько уровней квантования необходимо иметь для качественного преобразования и передачи речи? Интуитивно ясно, что малое количество уровней не даст хорошего качества. С другой стороны, большое количество уровней потребует длинного кодового слова.

Практически была установлена зависимость между числом уровней квантования и качеством переданной речи (табл. 1.1).

Согласно рекомендациям МККГТ, было принято 256 уровней квантования, а длина кодового слова — 8 двоичных символов (бит).

При отождествлении уровня квантования с двоичным кодовым словом широко используются два кода — натуральный и симметричный. В *натуральном двоичном коде* двоичные слова, соответствующие квантованным отсчетам сигнала, расположенным в порядке возрастания амплитуд, представляют собой неотрицательные целые числа, взятые в том же порядке. В *симметричном двоичном коде* полярность квантованного отсчета выражается одним символом кодового слова, а остальные символы отделяют двоичное число, представляющее абсолютную величину этого сигнала.

1.3. ВРЕМЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ И РАЗДЕЛЕНИЕ ИКМ КАНАЛОВ

Временное объединение нескольких ИКМ сигналов — это объединение сигналов, поступающих от различных источников, для совместной передачи по общей линии, при котором линия в каждый момент времени предоставляется

только одному из поступивших сигналов. Операция, обратная временному объединению, называется *временным разделением*.

При построении ИКМ аппаратуры используют *однородное временное объединение* ИКМ сигналов, при котором скорости передачи кодовых слов объединяемых ИКМ сигналов одинаковы. Это определение подводит к еще одной особенности ИКМ аппаратуры — *погрупповому объединению* ИКМ сигналов, при котором кодовые слова от различных источников сигналов передаются поочередно.

Временное объединение ИКМ сигналов характеризуется рядом параметров. Прежде всего отметим *цикл временного объединения*, под которым понимается совокупность примыкающих друг к другу интервалов времени, отведенных для передачи ИКМ сигналов, поступающих от различных источников. В цикле временного объединения каждому ИКМ сигналу выделен конкретный интервал времени, положение которого может быть определено однозначно. Выделяют два типа цикла — *основной*, продолжительность которого равна периоду дискретизации сигнала, и *сверхцикл* — повторяющаяся последовательность примыкающих друг к другу основных циклов, в которой положение каждого из них определяется однозначно.

Интервал времени в цикле, отведенный для передачи одного канала, называют *канальным интервалом* в цикле временного объединения ИКМ сигналов.

1.4. ИЕРАРХИЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ

Цифровые системы передачи с ИКМ сигналами в зависимости от скорости передачи и числа каналов подразделяются на *первичные* и *системы высших порядков*. Последние объединяют несколько систем низшего порядка. При этом объединении должны соблюдаться определенные правила, о которых будет сказано далее.

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

Табл. 1.2. Характеристики ЦСП ИКМ-30

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

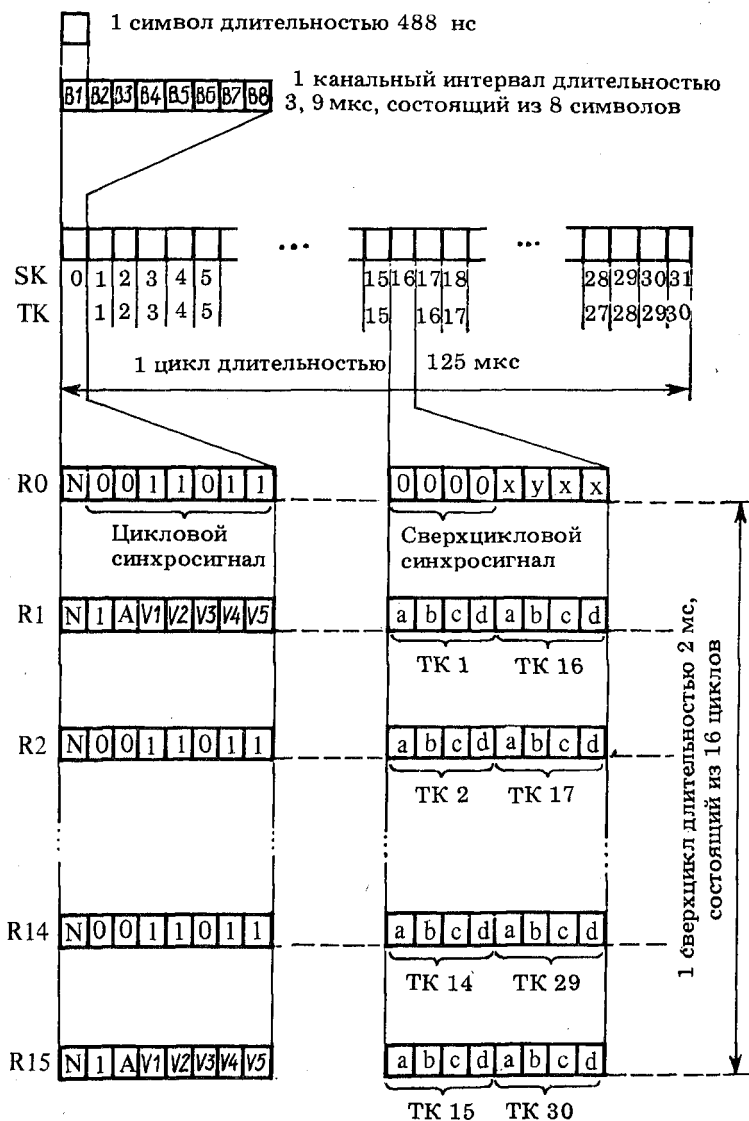


Рис. 1.2. Структура цикла и сверхцикла аппаратуры ИКМ-30:

TK – номер телефонного канала; R0, ..., R15 – циклы в сверхцикле; SK – каналный интервал; B1, ..., B8 – кодовое слово длиной 8 бит; N – бит резервирован для международного использования; значение символа не определено, в настоящее время должен принимать значение 1; A – передача сигнала аварии к аппаратуре ИКМ противоположного конца линии связи; V1, ..., V5 – символы, предназначенные для национального использования; на цифровых трактах, пересекающих государственную границу, эти символы должны иметь значение 1; x – резервный символ, в случае, когда он не используется, должен иметь значение 1; y – символ, используемый для индикации выхода из сверхцикловой синхросигнала; a, b, c, d – символы для организации общего канала сигнализации (ОКС); если b, c и d не используются для ОКС, они должны иметь следующие значения: b = 1, c = 0, d = 1

На рис. 1.2 показана структура (иногда говорят: формат) цикла и сверхцикла системы ИКМ-30.

Отметим важную особенность передачи ИКМ сигналов, знание которой понадобится при обсуждении проблем стыка ЦСП и цифровых АТС. Выше указывалось, что при кодировании квантованного сигнала используют двоичные коды. Однако при передаче по линии цифрового сигнала двоичным кодом может появиться постоянная составляющая за счет преобладания единиц во всех кодовых словах. Отсутствие же постоянной составляющей в линии позволяет использовать согласующие трансформаторы в линейных устройствах, а также обеспечить дистанционное питание регенераторов постоянным током. Чтобы избавиться от нежелательной постоянной составляющей цифрового сигнала, перед посылкой в линию двоичные сигналы преобразуются с помощью специальных кодов. Для первичной ЦСП принят код HDB3.

Кодирование двоичного сигнала в модифицированный квазитрочный сигнал с использованием кода HDB3 производится по следующим правилам.

1. Сигнал кода является квазитрочным. Три состояния его обозначаются как $+V$, $-V$ и 0 .

2. Пробелы (нули) двоичного сигнала кодируются в сигнале кода пробелами (нулями). Однако для последовательности из 4 пробелов применяются специальные правила (см. п. 4).

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

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

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

- б) второй и третий пробелы всегда кодируются пробелами;

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

Как показано на рис. 1.2, цифровой синхросигнал занимает позиции 2–8 нулевого канального интервала в каждом втором цикле. Цикловой синхросигнал представляет собой комбинацию 0011011. Для устранения возможности имитации циклового синхросигнала символами 2–8 нулевых интервалов нечетных циклов символу 2 в этих интервалах придается значение 1.

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

Сверхциклового синхросигнал, позволяющий осуществить отсчет циклов в сверхцикле, представляет собой комбинацию 0000 и занимает разрядные интервалы 1–4 канального интервала 16 в цикле 0.

Канальный интервал 16 служит для передачи сигнализации. При использовании сигнализации по ОКС формат канала 16 будет составлять часть спецификации ОКС. При сигнализации по выделенным сигнальным каналам канальный интервал 16 образует цифровой тракт со скоростью 64 К бит/с. Этот тракт подразделяется на 30 низкочастотных цифровых трактов с использованием сверхциклового синхросигнала в качестве начала отсчета (см. рис. 1.2).

В месте соединения цифровой АТС и ЦСП организуется *цифровой стык*,

Табл. 1.3. Общая характеристика ЦСП с ИКМ сигналом

ЦСП	Скорость передачи, М бит/с	Количество стандартных цифро- вых каналов (для передачи ре- чевой и другой информации)
Первичная	2,048	30
Вторичная	8,448	120 (30·4)
Третичная	34,368	480 (120·4)
Четверичная	139,264	1920 (480·4)

Табл. 1.4. Структура цикла ИКМ-120

Параметр	Номер символа
<i>I группа</i>	
Цикловой синхросигнал (10111000)	1...8
Биты от первичных систем	9...264
<i>II группа</i>	
Символы управления выравниванием C_{j1}	1...4
Биты для служебных функций	5...8
Биты от первичных систем	9...264
<i>III группа</i>	
Символы управления выравниванием C_{j2}	1...4
Свободные биты	5...8
Биты от первичных систем	9...264
<i>IV группа</i>	
Символы управления выравниванием C_{j3}	1...4
Биты от первичных систем, предназначенные для отрицательного цифрового выравнивания	5...8
Биты от первичных систем, предназначенные для положительного цифрового выравнивания	9...12
Биты от первичных систем	13...264
<p>Примечание. Символ C_{jn} означает n-й символ управления выравниванием j-й первичной ЦСП.</p>	

к которому предъявляются требования:

1) электрические (например, напряжение импульса, скорость передачи, длительность импульса и т.д.);

2) согласования структур циклов ЦСП и цифровой АТС, согласования кодов в линии (например, кода HDB3) и на АТС (двоичный код) и др.

МККТТ разработал требования согласования цифровых потоков на входе и выходе АТС при стыке с ЦСП.

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

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

Полное описание Рекомендаций МККТТ по ЦСП с ИКМ сигналами высших порядков дано в Оранжевой книге МККТТ. Приведем основные характеристики вторичной ЦСП согласно Рекомендации G 741, МККТТ.

Номинальная скорость передачи должна быть 8,448 М бит/с. Количество объединяемых ИКМ 30–4. Цикл повторяется через 125 мкс. В одном цикле 132 канальных интервала, из них 120 – для передачи телефонных разговоров.

При объединении цифровых потоков низшей ступени иерархии в один поток более высокой ступени возникает проблема организации цифрового потока заданной скорости (например, 8448 К бит/с) при возможном отклонении от номинала скоростей объединяемых цифровых потоков.

Цифровым выравниванием называется метод доведения изменяющейся скорости объединяемого цифрового сигнала до некоторой опорной скорости, которой в данном случае является скорость системы высшего порядка в пересчете на один цифровой сигнал низшего порядка. Это выравнивание осуществляется путем введения в цифровой сигнал дополнительных (выравнивающих) символов либо удаления информационных символов, причем значения удаленных символов передаются в приемное устройство с помощью выделенных в цифровом сигнале служебных каналов.

В СССР принято так называемое *положительно-отрицательное выравнивание*. В табл. 1.4 приведена структура цикла вторичной ЦСП ИКМ-120 для этого случая выравнивания. Отметим, что положение временного интервала каждой из четырех первичных ЦСП строго определено в структуре цикла ИКМ-120, характеристики которой представлены в табл. 1.5.

Табл. 1.5. Характеристики ИКМ-120

Параметр	Величина
Скорость передачи первичной системы, К бит/с	2048
Число объединяемых первичных систем	4
Длина цикла, бит	1056
Длительность цикла, мкс	125
Число бит на первичную систему	256
Максимальная скорость выравнивания на первичную систему, К бит/с	8

1.5. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЦСП

В СССР серийно выпускаются ЦСП ИКМ-30, ИКМ-120 и ИКМ-480, осваивается ИКМ-1920. Производится несколько модификаций аппаратуры ИКМ-30.

А. АППАРАТУРА СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИКМ-30

Предназначена для получения соединительных линий между АТС на городских и пригородных сетях по кабелям типов ТГ и ТПП.

В состав аппаратуры входят: оконечное и промежуточное оборудование, контрольно-эксплуатационные устройства, устройства служебной связи. Оконечное оборудование состоит из трех типов стоек: аналого-цифрового оборудования (АЦО), оконечного оборудования (ООС), телеконтроля и измерений.

Б. АППАРАТУРА СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИКМ-30С

Предназначена для работы по одночетверичным подвесным или подземным кабелям типа КСПП1 × 4 × 0,9 или КСПП1 × 4 × 1,2 по однокабельной схеме. Применяется в сельских телефонных сетях связи. Состоит из оконечного, промежуточного оборудования и специальных измерительных приборов.

В. АППАРАТУРА ПЕРВИЧНОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИКМ-30-4

Предназначена для уплотнения городских и пригородных кабелей типов Т и ТП (см. табл. 1.6).

На рис. 1.3 показана структурная схема оборудования ИКМ-30-4.

Аналоговые сигналы тональной частоты (ТЧ) через дифсистемы, находящиеся в комплексах согласующих устройств, поступают на входы четырехпроводных окончаний

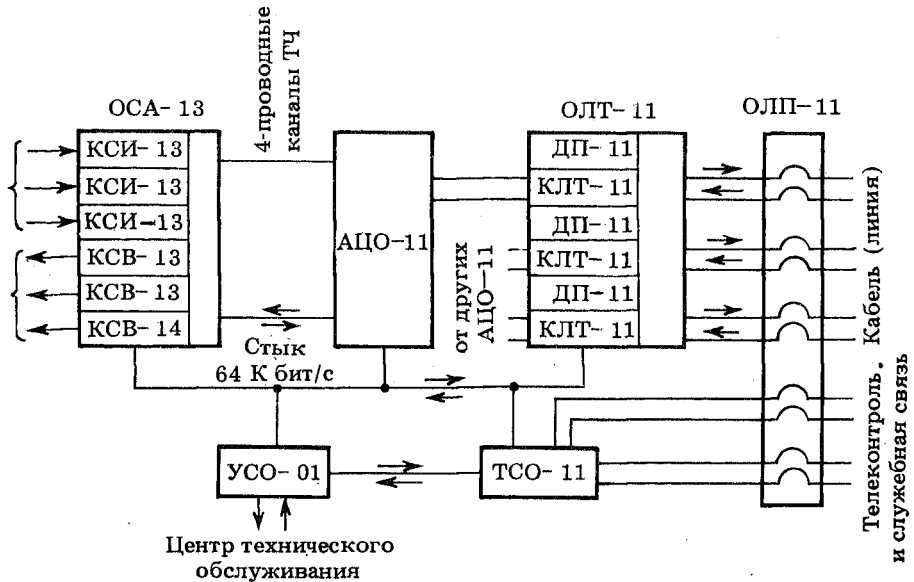


Рис. 1.3. Структурная схема ИКМ-30-4:

ОЛП-11 – оборудование линейных переключений; ДП-11 – платы источников дистанционного питания регенераторов; АЦО-11 – блок аналого-цифрового преобразования; ОСА-13 – блок согласования с аналоговыми соединительными линиями; КСИ-13 – исходящие комплекты согласующие; КСВ-13, КСВ-14 – входящие комплекты согласующие; УСО-01 – устройство аварийной сигнализации и обслуживания; ТСО-11 – оборудование телеконтроля и служебной связи; КЛТ-11 – комплект линейного тракта

каналов ТЧ в блок АЦО-11, где подвергаются аналого-цифровому преобразованию. Сигналы управления и взаимодействия преобразуются в блоках ОСА-13 в групповой сигнал 64 К бит/с, поступающий в блок АЦО-11 через противонаправленный стык.

Первичный цифровой поток со скоростью 2048 К бит/с с выхода блока АЦО-11 поступает в передающую часть комплекта КЛТ-11 блока ОЛТ-11, а оттуда – в линию.

Принятый с линии цифровой поток поступает в приемную часть комплекта КЛТ-11 блока ОЛТ-11, где регенерируется. В приемной части блока ОЛТ-11 осуществляется цифроаналоговое преобразование сигналов ТЧ, поступающих затем через оборудование ОСА-13 на аналоговые линии.

При асинхронной работе генераторное оборудование приемной части блока АЦО-11 синхронизируется сигналом тактовой частоты, выделяемым из принимаемого цифрового потока. Передающая и приемная части генераторного оборудования блоков ОСА-13 получают хронизирующие сигналы от блока АЦО-11. Установка фазы генераторного оборудования приемной части ОСА-13 производится устройствами сверхцикловой синхронизации.

Табл. 1.6. Тип кабеля и длина регенерационных участков

Тип кабеля	Длина регенерационного участка (км) при использовании регенераторов	
	линейных и стайционных	станционных с повышенным усилением
Т-0,5	0,3...1,5	1,2...2,1
ТПП-0,5	0,4...2,0	1,5...2,7
Т-0,7	0,6...2,7	2,1...3,7
ТПП-0,7	0,6...2,8	2,2...3,9

Устройства аварийной сигнализации и обслуживания УСО-01 могут работать как автономно, так и в режиме обмена информацией с центром технического обслуживания, что позволяет применить прогрессивный контрольно-корректирующий метод эксплуатации и значительно сократить требуемый для обслуживания аппаратуры персонал.

Комплекс аппаратуры вторичной ЦСП ИКМ-120 предназначен для получения пучков местной и внутризонной связи путем уплотнения высокочастотных симметричных кабелей типа ЗКПАП-1×4, МКСА-1×4, МКСБ-4×4, МКСАП-4×4, МКССП-4×4, МКСБ-7×4. Линейный тракт выполнен по двухкабельной четырехпроводной схеме. Максимальная дальность связи 600 км, номинальная длина регенерационного участка 5 км. В состав ИКМ-120 входят: оборудование вторичного временного группообразования, оконечное оборудование линейного тракта, необслуживаемые регенерационные пункты, комплект измерительных приборов.

Аппаратура третичной ЦСП ИКМ-480 предназначена для получения пучков каналов внутризонной и магистральной связи по коаксиальным кабелям типа МКТ-4. Линейный тракт выполнен по однопроводной схеме. Максимальная дальность связи 2500 км, номинальная длина регенерационного участка 3 км. В состав ИКМ-480 входят: оборудование третичного временного группообразования, оконечное оборудование линейного тракта, необслуживаемые регенерационные пункты, комплекс измерительных приборов.

Аппаратура четверичной ЦСП ИКМ-1920 предназначена для использования во внутризонных и магистральных сетях для организации мощных пучков телефонных каналов и передачи телевизионного вещания по коаксиальным кабелям типа КМ-4. Максимальная дальность связи 12 500 км, номинальная длина регенерационного участка 3 км.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Объясните, почему при передаче цифрового потока по линии используется код HDB3.

2. Пусть, например, в цикл ИКМ уплотненной линии входят пять канальных интервалов, первый из которых – синхронизирующий.

Нарисуйте диаграмму цикла для двух последовательных отсчетов каналов (табл. 1.7) в соответствии с линейным законом кодирования (рис. 1.4) и сигнала с компрессией (рис. 1.5).

Укажите все временные интервалы в цикле.

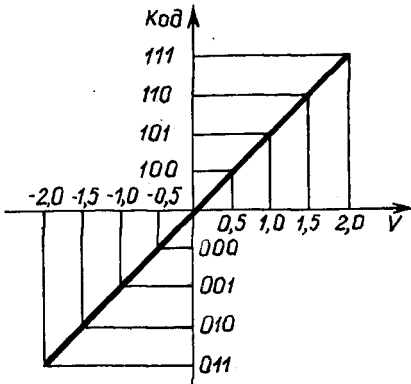


Рис. 1.4. Линейный закон кодирования

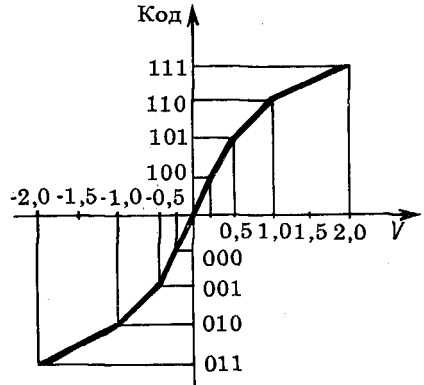


Рис. 1.5. Кодирование с компрессией

Табл. 1.7. Значения отсчетов сигналов в каналах

Канал	Отсчеты	
	1-й	2-й
1	0,24	0,75
2	-1,25	-0,75
3	-0,75	-1,25
4	+1,75	+1,25

Представьте коды этих отсчетов в коде HDB3.

2. ПРИНЦИПЫ ЦИФРОВОЙ КОММУТАЦИИ

2.1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

По определению МККТТ, *коммутацией* называется установление по заявке индивидуального соединения заданного ввода системы с заданным ее выводом на время, необходимое для передачи информации между ними.

Различают два основных вида коммутации: сообщений и каналов. Под *коммутацией сообщений* понимают передачу записанных сообщений таким образом, чтобы минимизировать очередь и время занятия приборов, обслуживающих нагрузку. При этом не оговаривается, предоставляется ли соединительный путь между вводом и выводом системы на все время передачи информации или информация передается частями (возможно, по различным соединительным путям). Если передача сообщений осуществляется частями одинаковой длины, то говорят о *коммутации пакетов*.

В отличие от вышесказанного при *коммутации каналов* соединительный путь между вводом и выводом системы предоставляется на время, достаточное для передачи сообщения целиком. Весь последующий материал (кроме особо оговоренных случаев) излагается для систем коммутации каналов.

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

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

ГОСТ 22670–77 вводит понятия однокоординатной и многокоординатной коммутации цифрового сигнала. *Однокоординатной* называется коммутация, при которой соединительные пути в систему отделены друг от друга по одному разделительному признаку (под *разделительным признаком* понимается параметр, по которому в системе происходит разделение соединительных путей между вводом и выводом). В *аналоговой коммутации* наибольшее распространение получила однокоординатная коммутация с пространственным признаком разделения путей.

Принцип построения коммутационных устройств и систем, в которых соединительные пути разделяются по признакам, отличающимся от пространственного, можно пояснить, воспользовавшись геометрическим представлением. Для этой цели введем специальное понятие *пространства признаков* и обозначим его буквой P . За координату этого пространства примем значения тех параметров, которые могут служить признаком для разделения каналов. В ка-

честве таких признаков могут выступать такие параметры сигнала, как частотный, временной, амплитудный и т.д. Если все из перечисленных параметров у коммутируемых сигналов оказываются совпадающими, то разделение сигналов может осуществляться в физическом пространстве (т.е. для независимой передачи или коммутации сигналов требуются индивидуальные физические линии). Поэтому в пространстве признаков P одной из координат может быть и "пространственный" признак, указывающий на принадлежность к определенной физической линии. Таким образом, каждый канал можно представить в виде некоторого объема в пространстве признаков P , координатами которого являются указанные выше признаки.

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

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

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

Приведем несколько примеров.

1. Передача сигналов по индивидуальным физическим линиям. В этом случае разделительным признаком будет пространственный признак S . Каждая индивидуальная соединительная линия характеризуется своим параметром — условным номером этой линии i . Векторная диаграмма сигналов, передаваемых по индивидуальным физическим линиям, показана на рис. 2.1, а. Однокоординатная коммутация в этом случае означает преобразование, например, \vec{A}_1 в \vec{A}_i (т.е. передачу сигнала из 1-й линии в i -ю).

2. Линия с частотным разделением каналов (ЧРК). В этом случае для представления необходимо иметь два признака: пространственный S и частотный F . Пространственный параметр S указывает условный номер линии с ЧРК. Частотные параметры f_i ($i = 1, 2, \dots, n$) означают центры полос пропускания каждого из n каналов, передаваемых по линии S_1 . На рис. 2.1, б приведено векторное представление каналов в линии с ЧРК, при этом запись \vec{F}_1^k означает k -й канал линии 1 .

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

В 60-х гг. предпринимались попытки создания коммутационных устройств,

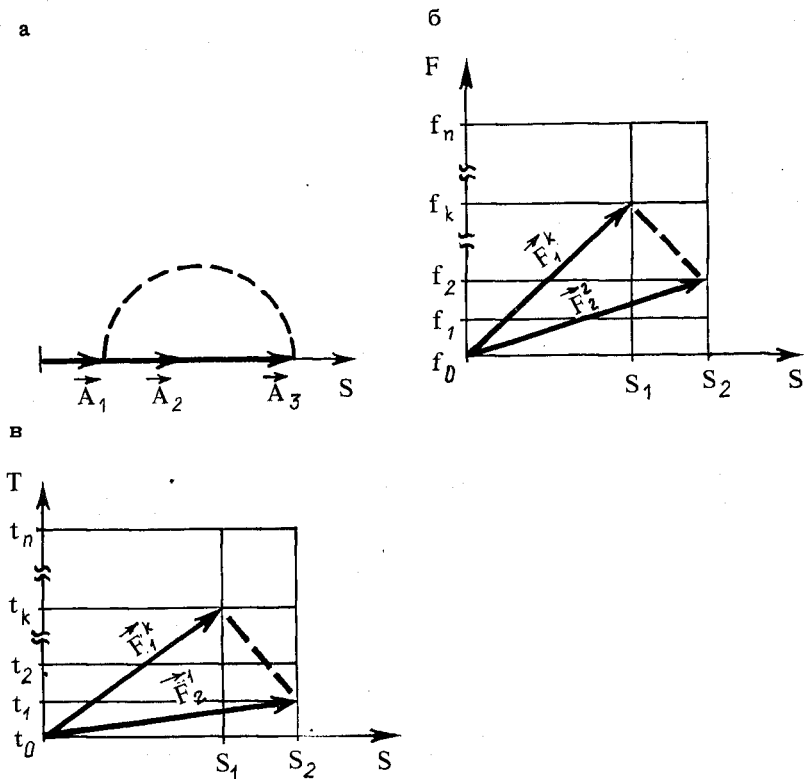


Рис. 2.1. Векторное представление сигналов и их коммутации

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

3. Линия с временным разделением каналов (ВРК). Сигналы в такой линии можно представить в координатах признаков S (пространство) и T (время). Координатами канального интервала будут условный номер линии с ВРК S_1 и номер канального интервала k ($k = 1, 2, \dots, n$) в структуре цикла (рис. 2.1, в). Здесь F_1^k — вектор сигнала, передаваемого по линии S_1 в течение канального интервала n .

Цифровая коммутация времяуплотненных ИКМ сигналов также является двухкоординатной коммутацией по признакам S (пространство) и T (время). Данная глава посвящена описанию принципов такой коммутации.

Возможна коммутация сигналов по признакам, число которых более двух (например, в оптической коммутации), однако такие коммутационные устройства являются в настоящее время экспериментальными.

В заключение отметим следующие особенности цифровых коммутационных устройств ИКМ сигналов:

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

2.2. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ВРЕМЕННОЙ КООРДИНАТЫ ЦИФРОВОГО СИГНАЛА

2.2.1. Принцип временной коммутации

Пусть на вход коммутационного модуля с ИКМ линии поступают, а с выхода модуля уходят в ИКМ линии времяуплотненные ИКМ сигналы. За каждым канальным интервалом закреплен строго определенный ИКМ сигнал (речевой сигнал абонента). Информация об этом передается в сигнальном временном канальном интервале. Изменение порядка следования одного канального интервала исходящей ИКМ линии по сравнению с входящей означает передачу речевой информации от одного абонента к другому. В этом и заключается принцип *временной коммутации* (иногда говорят о перестановке канальных интервалов или перемещении информации из канала в канал). Принцип временной

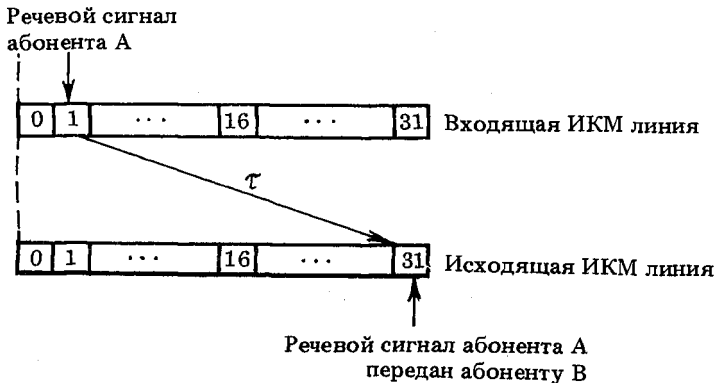


Рис. 2.2. Иллюстрация принципа временной коммутации

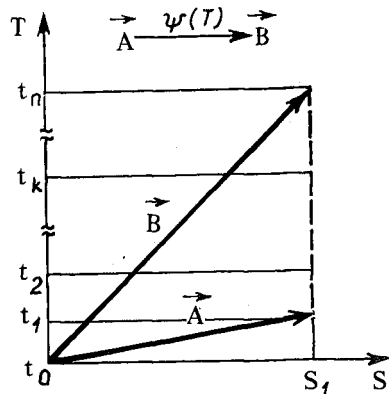


Рис. 2.3. Векторное представление временной коммутации

коммутации иллюстрирует рис. 2.2, где показан один двухпроводной тракт (например, на передачу). Для осуществления разговора абонентов необходимо организовать такой же тракт на прием (разговорный тракт должен быть четырехпроводным).

Использование векторного представления цифровой коммутации в координатах S (пространство) – T (время) позволяет несколько по-иному описать принцип временной коммутации. Если предположим ортогональность преобразований временной и пространственной координат цифрового сигнала, то получим преобразование

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

Для временной коммутации $\Psi(S) \equiv 0$ (рис. 2.3). Операция $\Psi(T)$ является просто операцией задержки определенного кодового слова на заданное время.

2.2.2. Временная ступень коммутации

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

Структурно T-ступень характеризуется емкостью $T: N \times M, K$, где N – число входящих временных канальных интервалов в ИКМ линии; M – число канальных интервалов исходящей ИКМ линии; K – число бит в одном кодовом слове (иногда, если значение K известно заранее, записывают $T: N \times M$).

T-ступени могут быть реализованы двумя способами: с помощью управляемых переменных линий задержки; с использованием цифровых запоминающих устройств (ЗУ). В настоящее время T-ступени цифровых коммутационных полей строятся только на ЗУ вследствие простоты и низкой стоимости реализации.

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

ЗУ T-ступени могут работать в двух эквивалентных по результату коммутации режимах:

1) последовательной записи кодовых слов в ЗУ по сигналам специально организованного счетчика номеров ячеек ЗУ и произвольного считывания из ЗУ по адресам, получаемым либо из управляющего ЗУ, либо из управляющего устройства системы (мнемонически обозначим этот режим так: $\rightarrow \downarrow$; $\downarrow \rightarrow$);

2) произвольной записи в ЗУ кодовых слов по адресам, вырабатываемым управляющим ЗУ или управляющим устройством системы, и последовательно считывания по сигналам счетчика (режим $\rightarrow \downarrow$; $\downarrow \rightarrow$).

Выбор режима работы T-ступени зависит от конкретной реализации коммутационного блока.

Рассматриваемая ниже T -ступень относится к классу устройств, память которых распределена по каналам, т.е. каждому кодовому слову канального интервала предоставлена область (ячейка) речевого ЗУ T -ступени. Обычно T -ступень строится по полнодоступной схеме ($N = M$).

Пусть T -ступень имеет параметры $T : N \times N, 8$. Тогда количество канальных интервалов, которое может быть обслужено T -ступенью, рассчитывается по формуле

$$N = T_{\text{ц}} / \left(\frac{8}{p} t_{\text{ц}} A \right), \quad (2.1)$$

где $T_{\text{ц}}$ – время цикла ИКМ линии, мкс: $T_{\text{ц}} = 125$ мкс; p – число параллельно записываемых (считываемых) в ЗУ бит; $t_{\text{ц}}$ – время цикла ЗУ, мкс; A – число, характеризующее организацию доступа к разговорному ЗУ.

Анализ формулы (2.1) показывает, что емкость T -ступени можно увеличить тремя способами:

- 1) параллельной обработкой кодового слова канального интервала ($p = 8$ для стандартного ИКМ преобразования);
- 2) сокращением времени цикла ЗУ;
- 3) уменьшением значения числа A .

Применение параллельной коммутации кодовых слов позволяет в 8 раз увеличить емкость T -ступени при всех прочих равных условиях. В современных цифровых коммутационных системах, коммутационные поля которых построены с применением T -ступеней, использование параллельной коммутации является общепринятым. Например, в схеме SWM (см. п. 2.4) параллельное представление кодовых слов позволяет за время длительности одного кодового слова (3,9 мкс) записать в ЗУ 512 кодовых слов из 16 линий ИКМ-30.

Оценим возможность увеличения емкости T -ступени путем уменьшения времени $t_{\text{ц}}$. Рекордное ЗУ 1986 г. имело время цикла порядка 1 нс. При параллельной обработке кодовых слов максимальная емкость T -ступени составляет свыше 62 000 канальных интервалов, что соответствует станциям большой и средней емкости. Однако реально используемая емкость T -ступени равна обычно 512×512 или 1024×1024 канальных интервалов. Это связано прежде всего с неоправданно большой стоимостью T -ступени максимальной емкости. Для реализации цифровых коммутационных полей большой емкости используют многозвенный метод их построения.

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

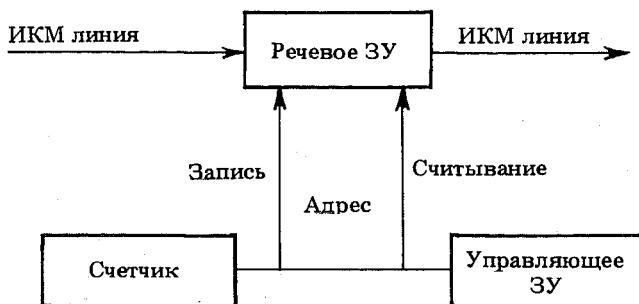


Рис. 2.4. Основная схема T -ступени (режим работы $\rightarrow \downarrow; \uparrow \rightarrow$)

а

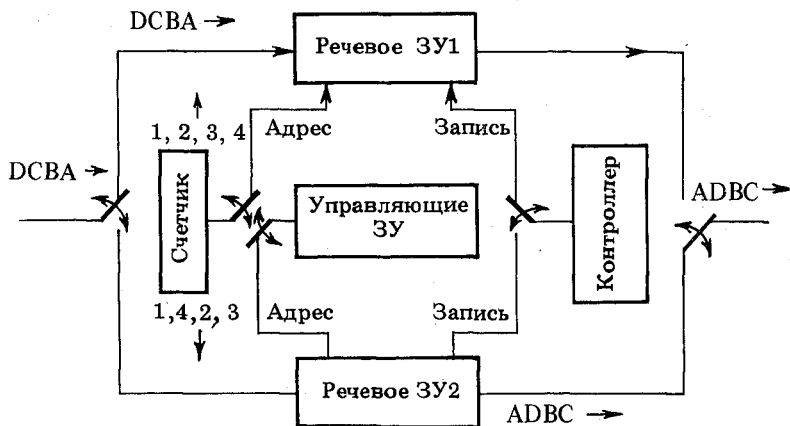


Рис. 2.5. Схема T -ступени, реализующей режим "раздельная запись/раздельное считывание" (режим работы $\rightarrow\downarrow$; $\uparrow\rightarrow$)

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

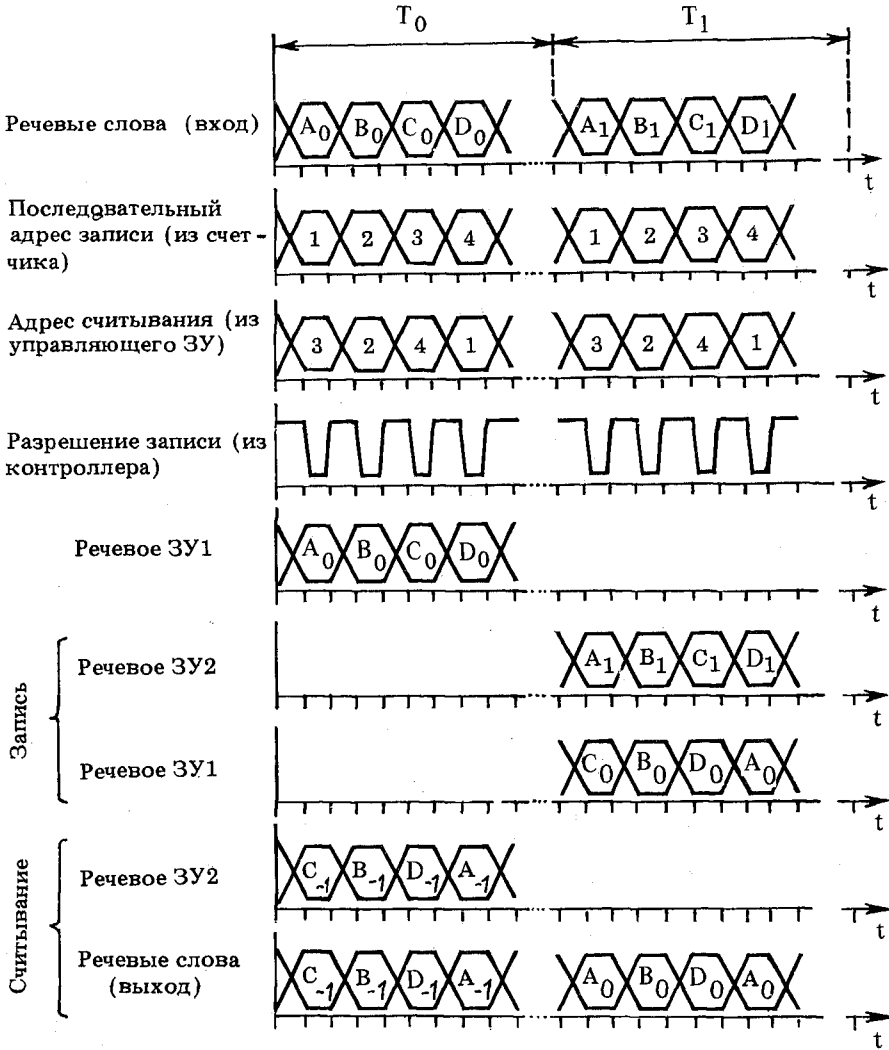
В T -ступенях цифровых телефонных систем наибольшее применение нашла другая схема, работающая в режиме "раздельная запись/раздельное считывание" (рис. 2.5).

Для реализации этого режима требуются два речевых ЗУ, в одно из которых записываются кодовые слова, а из другого считываются, затем в этих ЗУ меняются режимы (см. рис. 2.5, а). На рисунке условно показаны ключи, которые попеременно подсоединяют к входящей/исходящей ИКМ линии, к управляющей памяти, счетчику и контроллеру разрешения записи оба речевых ЗУ.

На рис. 2.5, б показаны временные диаграммы работы рассматриваемой T -ступени. Во время первого, T_0 -цикла, входные речевые кодовые слова в параллельной форме записываются в речевое ЗУ1, а исходящие речевые слова считываются из речевого ЗУ2. Входные речевые кодовые слова ($A_0 B_0 C_0 D_0 \dots$) последовательно записываются в ячейки речевого ЗУ1 согласно последовательным адресам (1, 2, 3, 4, ...), задаваемым счетчиком. Запись производится по сигналам, формируемым контроллером разрешения записи. Исходящие речевые кодовые слова ($C_{-1} B_{-1} D_{-1} A_{-1} \dots$) считываются из речевого ЗУ2 с использованием адресов коммутации, получаемых из управляющего ЗУ. На рис. 2.5, б эти адреса помечены цифрами 3, 2, 4, 1, ... В следующий, T_1 -цикл, входные кодовые слова будут записываться в речевое ЗУ2, а считываться из речевого ЗУ1.

Для T -ступеней, реализующих режим "раздельная запись/раздельное считывание", число A равно 2, т.е. благодаря этому режиму удается в два раза увеличить емкость T -ступени по сравнению с основной схемой за счет удвоения емкости речевого ЗУ.

Быстродействие T -ступени с раздельными записью/считыванием ограничивается скоростью записи в ЗУ, так как для записи требуются три сигнала (входные речевые кодовые сигналы, последовательный адрес записи и сигнал разрешения записи), а для считывания — два сигнала (исходящие речевые кодовые сигналы, адрес коммутации). В связи с тем что режим "раздельная запись/раздельное считывание" реализуется так, что время записи равно времени считывания, быстродействие T -ступени характеризуется более медленной процедурой записи. Возможен иной режим работы T -ступени: "медленная запись/



быстрое чтение”, позволяющий значительно увеличить быстродействие ЗУ (т.е. емкость T -ступени).

На рис. 2.6 показаны временные диаграммы одного из возможных вариантов таких T -ступеней с тремя речевыми ЗУ. В T_0 -цикле входные каналные интервалы ($A_0, B_0, C_0, D_0, \dots$) подразделяются на две группы: нечетные (A_0, C_0, E_0, \dots) и четные (B_0, D_0, F_0, \dots). В этом случае время записи можно увеличить в два раза. Входные каналные интервалы распределяются между речевыми ЗУ SPM1 и SPM2.

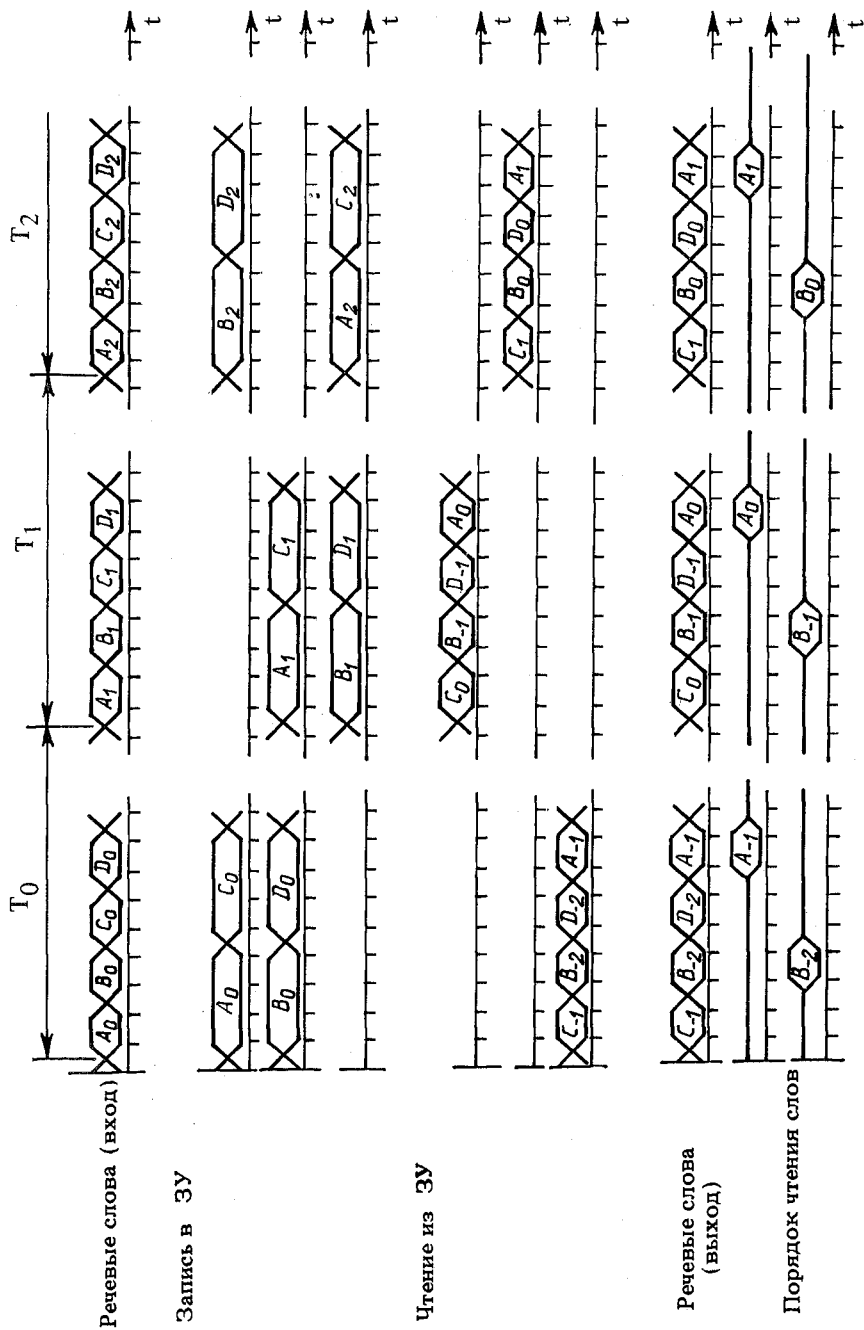


Рис. 2.6. Временные диаграммы работы T-ступени, реализующей режим "медленная запись/быстрое чтение"

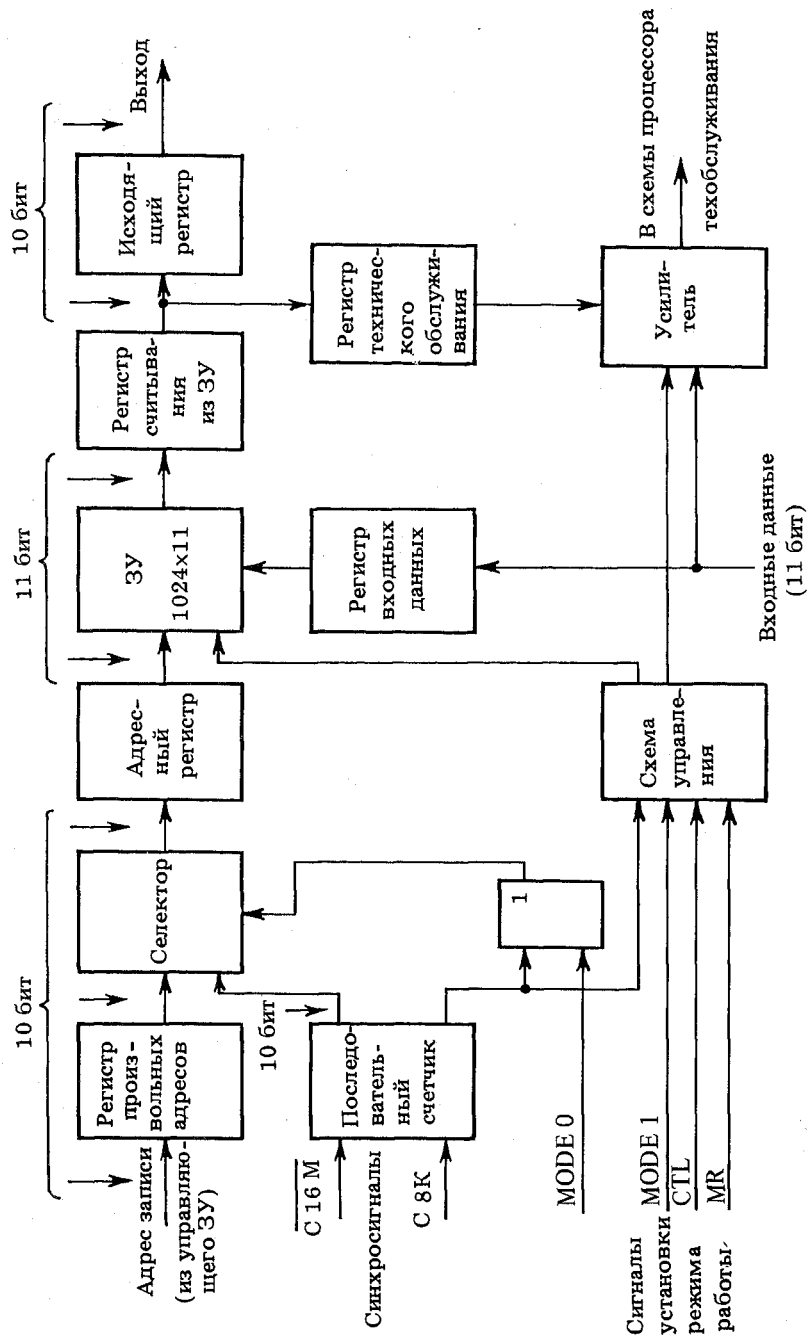


Рис. 2.7. Структурная схема БИС T-ступени системы D 70

В следующем, T_1 -цикле, вновь происходит разделение входных кодовых слов на две группы, но запись осуществляется в речевые ЗУ SPM2 и SPM3. В T_2 -цикле две группы входных кодовых слов записываются в SPM1 и SPM3. В следующем, T_3 -цикле, запись осуществляется в ЗУ SPM1 и SPM2 и т.д.

В T_0 -цикле из речевого ЗУ SPM3 производится считывание кодовых слов согласно адресам управляющего ЗУ. Эти кодовые слова были записаны в двух предыдущих циклах. В T_1 -цикле считывание осуществляется из речевого ЗУ SPM1, а в T_2 -цикле — из SPM2. Быстродействие такой T -ступени равно времени считывания из речевого ЗУ, которое значительно меньше времени записи в ЗУ.

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

Стоимость оборудования коммутации АТС, построенного на микросхемах общего применения, составляет примерно 10 % общей стоимости станции. Тем не менее разработка специализированных больших интегральных схем (БИС) ступеней коммутации диктуется следующими причинами: возможностью построения коммутационного поля с меньшими значениями величины блокировок, чем при реализации на интегральных схемах (ИС) общего пользования; повышением надежности благодаря реализации оборудования коммутационного поля с помощью меньшего числа элементов и их взаимных связей; дальнейшим снижением стоимости оборудования коммутационного поля, обусловленным большими объемами выпуска специализированных БИС ограниченного числа типов.

Примером таких специализированных БИС могут служить БИС временной ступени коммутации японской станции D 70, которая может использоваться в качестве как речевого, так и управляющего ЗУ. Структурная схема такой БИС показана на рис. 2.7.

Речевое ЗУ должно иметь длину кодового слова 9 бит (8 бит — кодовое слово плюс 1 проверочный бит), в то же время управляющее ЗУ имеет длину кодового слова 11 бит (10 бит адреса плюс 1 проверочный бит). Поэтому БИС спроектирована для записи слов

Табл. 2.1. Выбор режима работы БИС

Сигнал				Назначение БИС	Режимы работы БИС
MODE0	MODE1	CTL	MR		
L	L	L	L	Речевое ЗУ	Произвольная запись, последовательное считывание
H	L	L	L	Речевое ЗУ	Последовательная запись, произвольное считывание
L	H	—	L	Управляющее ЗУ	Произвольная запись, последовательное считывание
L	H	—	H	Управляющее ЗУ	Последовательная запись, произвольное считывание

длиной 11 бит. Емкость ЗУ составляет 1024 ячеек, что диктуется выбранной емкостью T-ступени 1024×1024 .

Скорость передачи времяуплотненного потока в 1024 канальных интервала равна 8,192 М бит/с (сигнал С8К). Так как при коммутации необходимо дважды обращаться к ЗУ (запись и считывание), то требуется частота синхронизации 16,384 МГц (сигнал С16К).

Режим работы БИС задается комбинациями сигналов MODE0, MODE1, CTL, MR (табл. 2.1).

2.3. ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЦИФРОВОГО СИГНАЛА

2.3.1. Принцип преобразования пространственной координаты цифрового сигнала

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

Векторное представление такого преобразования показано на рис. 2.8. В этом случае вновь предполагается ортогональность преобразований временной и пространственной координат цифрового сигнала:

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

так как $\Psi(T) \equiv 0$.

Поясним принцип преобразования пространственной координаты цифрового сигнала, используя для этого условную коммутационную матрицу (рис. 2.9). Матрица состоит из вертикальных и горизонтальных шин и элементов "И" (электронные ключи).

Пусть в некоторый канальный интервал необходимо передавать кодовое слово из 1-й входящей ИКМ линии (включена в первую горизонтальную ши-

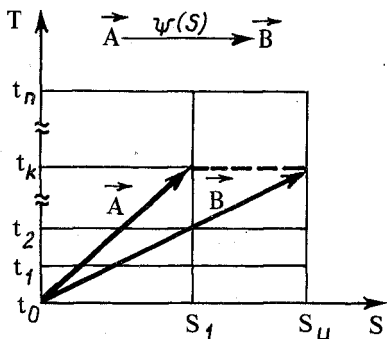


Рис. 2.8. Векторное представление пространственного преобразования координат

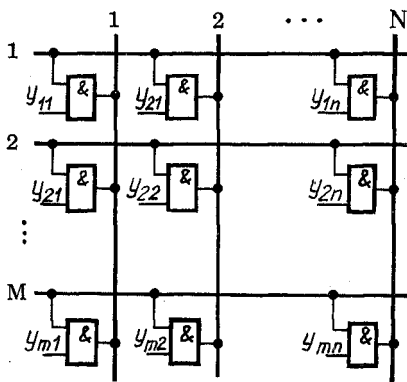


Рис. 2.9. Пространственная коммутационная матрица

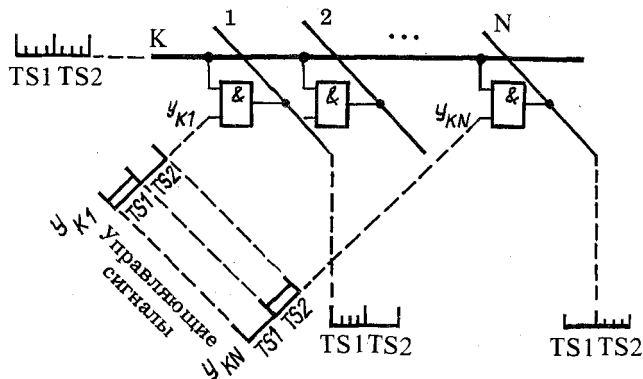


Рис. 2.10. Пример работы пространственной коммутационной матрицы

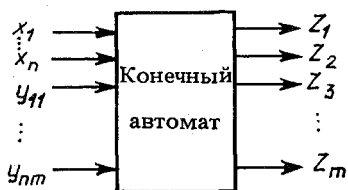


Рис. 2.11. Представление пространственной коммутационной матрицы в виде конечного автомата

ну) во 2-ю исходящую ИКМ линию (включена во вторую вертикальную шину (рис. 2.10). В заданное время управляющее устройство (на рис. 2.10 не показано) включает ключ y_{K1} , и кодовое слово из первой входящей ИКМ линии попадает во 2-ю исходящую ИКМ линию. Ключ остается открытым только на время длительности одного канального интервала. Ясно, что для обеспечения нормальной работы матрицы необходимо, чтобы в каждый момент времени работал один ключ на каждой вертикали.

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

Еще раз подчеркнем, что переключение ключевых элементов в матрице производится в темпе поступления кодовых слов.

Анализ работы пространственной коммутационной матрицы показывает, что сигнал на выходе Z_j (рис. 2.11) в каждый момент определяется только значением входного сигнала x_i и управляющего сигнала y_{ij} и не зависит от того, что было на этих входах в предыдущий момент. Следовательно, матрица представляет собой комбинационный автомат с $n + nm$ входами и m выходами.

По условиям функционирования коммутационной матрицы сигнал с входа x_i может попасть на выход Z_j только при наличии сигнала y_{ij} , в то же время сигнал на выход Z_j может попасть с любого входа x_i , и это справедливо для любого выхода матрицы. Следовательно, работу пространственной коммутационной матрицы можно описать системой G булевых функций:

$$G: \{Z_j = \bigvee_{i=1}^n x_i y_{ij}, j = \overline{1, m}\}. \quad (2.2)$$

При синтезе коммутационной матрицы как единого устройства сигнал y_j является по существу адресом точки коммутации, причем длина этого адреса

$$u = \lceil \log_2 MN \rceil, \quad (2.3)$$

где $\lceil \rceil$ означает взятие целого числа с обязательным округлением в большую сторону.

2.3.2. Коммутационные блоки пространственного преобразования

Блок, или модуль, цифрового коммутационного поля, осуществляющий пространственное преобразование цифрового сигнала, называется *пространственной ступенью коммутации* или *S-ступенью* (от Space – пространство).

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

Рассматривая S-ступень как конечный автомат, можно представить ее в виде, показанном на рис. 2.12.

Комбинационная часть S-ступени реализуется на интегральных схемах средней степени интеграции (мультиплексорах и демультиплексорах) или на БИС матричной структуры (программируемых логических матрицах – ПЛМ).

Управляющая часть S-ступени (иногда ее называют *блоком адресной информации*) предназначена для выработки адресов входа и выхода, которые должны быть скоммутированы (точнее, адресов коммутационных элементов коммутационной матрицы). Управляющая часть S-ступени строится на базе ЗУ, в которое из управляющих устройств системы поступают сигналы управления, и некоторых логических элементов.

В последнее десятилетие в связи с успехами в разработке БИС S-ступени реализуют на ПЛМ. Далее более подробно будут освещены вопросы проектирования S-ступеней на ПЛМ.

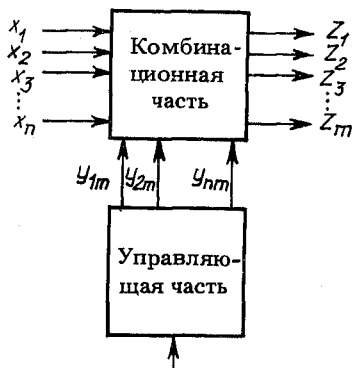


Рис. 2.12. Представление S-ступени в виде структурного автомата

2.3.3. Синтез комбинационной части S-ступени на ПЛМ

В качестве функциональных узлов БИС, ориентированных на реализацию булевых функций, широко используются так называемые *матричные схемы*, представляющие собой сетку проводников, в местах пересечения которых могут быть установлены полупроводниковые элементы с односторонней проводимостью (ЭОП) – диоды и транзисторы.

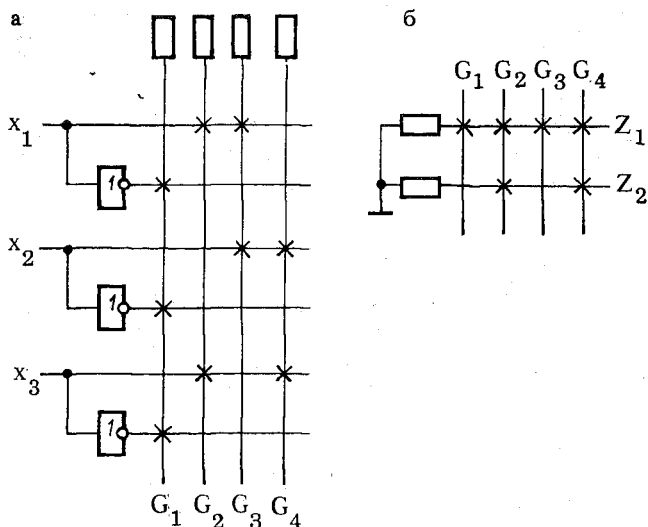


Рис. 2.13. Матричные схемы M_1 и M_2

На рис. 2.13 изображены матрицы M_1 (а) и M_2 (б). Матрица M_1 имеет шесть горизонтальных и четыре вертикальные шины. Каждая j -я входная шина ($j = \overline{1,3}$) связана с двумя горизонтальными шинами M_1 (с одной — непосредственно, а с другой — через инвертор). Способ включения ЭОП в местах пересечения шин матрицы M_1 позволяет реализовать на любом ее выходе любую конъюнкцию входных переменных, взятых со знаком или без знака инверсии (включение ЭОП показано на рис. 2.13 крестиком). Так, в матрице M_1 $G_1 = \overline{x_1}\overline{x_2}\overline{x_3}$; $G_2 = x_1x_3$; $G_3 = x_1x_2$; $G_4 = x_2x_3$.

Матрица M_2 имеет четыре вертикальные и две горизонтальные шины. Способ включения ЭОП в местах пересечения шин M_2 позволяет реализовать на любом из ее выходов любую дизъюнкцию ее входных переменных. На рис. 2.13, б показан пример реализации дизъюнкций: $Z_1 = G_1 \vee G_2 \vee G_3$; $Z_2 = G_2 \vee G_4$. Если соединить матрицы M_1 и M_2 так, как показано на рис. 2.14, то полученная схема реализует следующую систему булевых функций, представленных в дизъюнктивной нормальной форме (ДНФ):

$$Z_1 = G_1 \vee G_2 \vee G_3 = \overline{x_1}\overline{x_2}\overline{x_3} \vee x_1x_3 \vee x_1x_2;$$

$$Z_2 = G_2 \vee G_4 = x_1x_3 \vee x_2x_3.$$

Аналогично любая ДНФ системы G булевых функций Z_1, \dots, Z_M (входных переменных x_1, \dots, x_L) может быть реализована двухуровневой матричной схемой, на первом уровне которой образуются различные элементарные конъюнкции, а на втором — дизъюнкции Z_1, \dots, Z_M соответствующих конъюнкций. В итоге построение схем с матричной структурой сводится к определению точек пересечения шин, где должны быть включены ЭОП, и настройке матриц (установке ЭОП в найденных точках).

По способу программирования различают матрицы, настраиваемые (программируемые) на заводе-изготовителе (такие матрицы обозначают буквой М), пользователем (буквой П), а также репрограммируемые (многократно настраиваемые, обозначаются буквой Р).

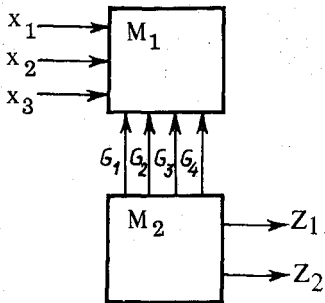


Рис. 2.14. Двухуровневая матричная схема

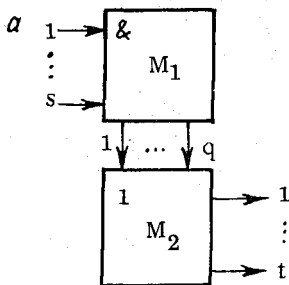
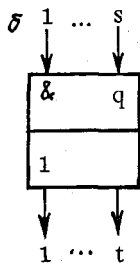


Рис. 2.15. Схематическое изображение двухуровневой ПЛМ



Матрицы M_1 и M_2 при реализации системы булевых функций принято условно изображать в виде таблицы, столбцы которой обозначаются переменными x_1, \dots, x_L и функциями Z_1, \dots, Z_M . Каждой промежуточной шине G_1, \dots, G_B ставится в соответствие строка таблицы. На пересечении j -й строки и столбца x_l ($l = \overline{1, L}$) записываются: 1, если переменная x_l входит в j -ю элементарную конъюнкцию без инверсии; 0, если переменная x_l входит в j -ю элементарную конъюнкцию с инверсией; прочерк ($-$), если переменная x_l не входит в j -ю элементарную конъюнкцию. На пересечении j -й строки и столбца Z_n ($n = \overline{1, M}$) записывается 1, если j -я элементарная конъюнкция входит в ДНФ функции Z_n , и точка (\cdot) – в противном случае.

Ниже приведено условное представление матриц, изображенных на рис. 2.13:

x_1	x_2	x_3	Z_1	Z_2
0	0	0	1	.
1	-	1	1	1
1	1	-	1	.
-	1	1		1

ПЛМ представляет собой функциональный блок, созданный на базе микротехники и предназначенный для реализации логических схем цифровой техники.

В зависимости от внутренней организации различают ПЛМ комбинационной логики и ПЛМ с памятью. Наибольшее распространение среди ПЛМ первого типа получили двухуровневые (рис. 2.15, а), состоящие из двух матриц – $M_1 : s \times q$ и $M_2 : q \times t$.

Матрица M_1 позволяет реализовать q элементарных конъюнкций G_1, \dots, G_q переменных x_1, \dots, x_s , поступающих на ее входы. Матрица M_2 позволяет реализовать t элементарных дизъюнкций Z_1, \dots, Z_t переменных G_1, \dots, G_q , поступающих на ее входы с выходов матрицы M_1 .

ПЛМ с s входами, t выходами и q промежуточными шинами называется ПЛМ (s, t, q) (основное изображение показано на рис. 2.15, б).

На одной ПЛМ (s, t, q) может быть реализована система булевых функций $Z_1(x_1, \dots, x_s), \dots, Z_N(x_1, \dots, x_s)$, представленная в произвольной ДНФ, такая, что $L \leq s, N \leq t, B \leq q$, где B – число различных элементарных конъюнкций в системе функций.

Табл. 2.2. Характеристики ПЛМ (s, t, q)

Тип	Количество		
	входов	выходов	промежуточных шин
SN74330/331	12	6	50
IM5200	14	8	48
MMI 5775A	14	8	96
MMI 6775/75A	14	8	96
MMI 6870/71	14	8	48
DM 8575/75A	14	8	96
DM 7576	14	8	96
93458/59	16	8	48
82S100/101	16	8	48
556PT1	16	8	48

В табл. 2.2 приведены значения параметров s, t, q для некоторых отечественных и зарубежных двухуровневых ПЛМ.

Рассмотрим процедуру синтеза S -ступени с параметрами $N=M=4$ на ПЛМ (16, 8, 48).

Определим возможность реализации такой S -ступени на одной ПЛМ (16, 8, 48). Для этого найдем общее число входов S -ступени – информационных (x_1, \dots, x_4) и адресных (y_{11}, \dots, y_{44}) – и сравним их с числом $s: M + \log_2 MN \leq s, 4 + 4 < 16$.

Затем проверим ограничение ПЛМ по числу промежуточных шин q , имея в виду, что число элементарных конъюнкций в функциях Z_1, \dots, Z_4 равно числу точек коммутации S -ступени: $N \times M = 4 \times 4 = 16 < q = 48$.

И, наконец, сравним число выходов S -ступени и ПЛМ: $N = 4 < t = 8$.

Итак, для синтеза S -ступени $S: 4 \times 4$ достаточно одной ПЛМ (16, 8, 48).

Примем следующее кодирование адресов точек коммутации ($y_{ij} = a_1 a_2 a_3 a_4$):

$y_{11} = 0000$	$y_{12} = 0001$	$y_{13} = 0010$	$y_{14} = 0011$
$y_{21} = 0100$	$y_{22} = 0101$	$y_{23} = 0110$	$y_{24} = 0111$
$y_{31} = 1000$	$y_{32} = 1001$	$y_{33} = 1010$	$y_{34} = 1011$
$y_{41} = 1100$	$y_{42} = 1101$	$y_{43} = 1110$	$y_{44} = 1111$

Тогда, согласно формулам (2.2) и (2.3), имеем систему булевых функций:

$$\begin{aligned}
 Z_1 &= x_1 \bar{a}_1 \bar{a}_2 \bar{a}_3 \bar{a}_4 \vee x_2 \bar{a}_1 a_2 \bar{a}_3 \bar{a}_4 \vee x_3 a_1 \bar{a}_2 \bar{a}_3 \bar{a}_4 \vee x_4 a_1 a_2 \bar{a}_3 \bar{a}_4; \\
 Z_2 &= x_1 \bar{a}_1 \bar{a}_2 \bar{a}_3 a_4 \vee x_2 \bar{a}_1 a_2 \bar{a}_3 a_4 \vee x_3 a_1 \bar{a}_2 \bar{a}_3 a_4 \vee x_4 a_1 a_2 \bar{a}_3 a_4; \\
 Z_3 &= x_1 \bar{a}_1 \bar{a}_2 a_3 \bar{a}_4 \vee x_2 \bar{a}_1 a_2 a_3 \bar{a}_4 \vee x_3 a_1 \bar{a}_2 a_3 \bar{a}_4 \vee x_4 a_1 a_2 a_3 \bar{a}_4; \\
 Z_4 &= x_1 \bar{a}_1 \bar{a}_2 a_3 a_4 \vee x_2 \bar{a}_1 a_2 a_3 a_4 \vee x_3 a_1 \bar{a}_2 a_3 a_4 \vee x_4 a_1 a_2 a_3 a_4.
 \end{aligned}$$

Теперь по этой системе построим таблицу программирования ПЛМ (16, 8, 48) (табл. 2.3).

Табл. 2.3. Таблица настройки ПЛМ (16, 8, 48)

Входные сигналы				Сигналы управления				Выходные сигналы			
x_1	x_2	x_3	x_4	a_1	a_2	a_3	a_4	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
1	-	-	-	0	0	0	0	1	.	.	.
-	1	-	-	0	1	0	0	1	.	.	.
-	-	1	-	1	0	0	0	1	.	.	.
-	-	-	1	1	1	0	0	1	.	.	.
1	-	-	-	0	0	0	1	.	1	.	.
-	1	-	-	0	1	0	1	.	1	.	.
-	-	1	-	1	0	0	1	.	1	.	.
-	-	-	1	1	1	0	1	.	1	.	.
1	-	-	-	0	0	1	0	.	.	1	.
-	1	-	-	0	1	1	0	.	.	1	.
-	-	1	-	1	0	1	0	.	.	1	.
-	-	-	1	1	1	1	0	.	.	1	.
1	-	-	-	0	0	1	1	.	.	.	1
-	1	-	-	0	1	1	1	.	.	.	1
-	-	1	-	1	0	1	1	.	.	.	1
-	-	-	1	1	1	1	1	.	.	.	1

Уже при $N \times M = 6 \times 6$ не удастся реализовать комбинационную часть S -ступени на одной ПЛМ (16, 8, 48). Для синтеза таких ступеней применяются специальные методы.

2.4. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ КООРДИНАТ ЦИФРОВОГО СИГНАЛА

2.4.1. Принцип пространственно-временной коммутации

Векторное представление пространственно-временной коммутации показано на рис. 2.16. Блок, реализующий этот принцип, является единым конструктивным блоком. Поэтому $\Psi(T, S)$ нельзя представить суммой ортогональных преобразований $\Psi(T)$ и $\Psi(S)$.

Пусть на блок поступают цифровые потоки от нескольких ИКМ линий

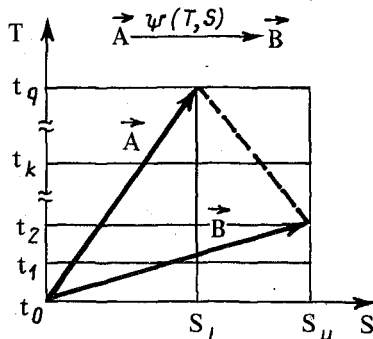


Рис. 2.16. Векторное представление пространственно-временной коммутации

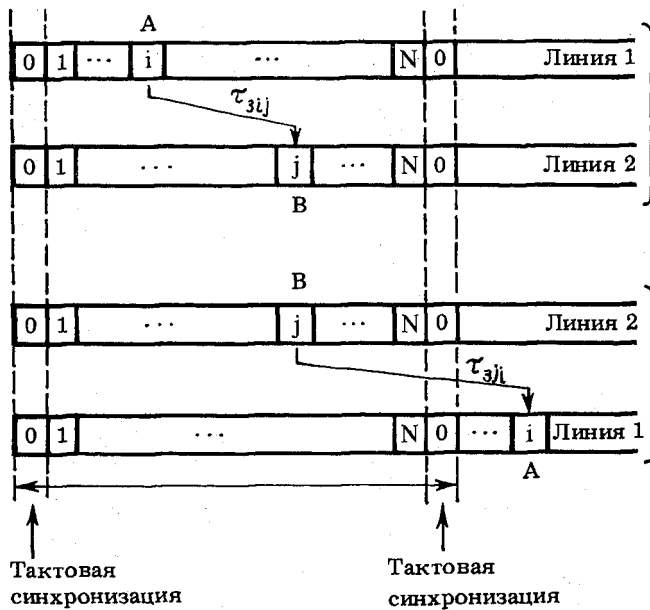


Рис. 2.17. Иллюстрация принципа пространственно-временной коммутации:
 $\tau_{zij} = (j - i)\tau$; $\tau_{zji} = (N - j - i)\tau$ (i, j — номера коммутационных каналов в структуре цикла ИКМ-30, $j \geq i$; N — число канальных интервалов в одном цикле; $N = 32$; τ — длительность одного канального интервала; $\tau = 3,9$ нс)

(для определенности примем, что по каждой линии передаются цифровые сигналы, имеющие структуру цикла ИКМ-30).

Все сигналы ИКМ линий синхронизированы по циклам. Согласно адресной информации, поступающей в управляющее устройство блока в 16-м канальном интервале, необходимо установить соединение абонента *A* с абонентом *B*. В адресе указано, что речевая информация от абонента *A* передается в i -м канальном интервале ИКМ линии 1, а абоненту *B* предоставлен j -й канальный интервал ИКМ линии 2. Принцип пространственно-временной коммутации канальных интервалов i и j в прямом и обратном направлениях иллюстрирует рис. 2.17. Как видно из рисунка, для передачи речевой информации из i -го канального интервала ИКМ линии 1 в j -й канальный интервал ИКМ линии 2 (от абонента *A* к абоненту *B*) необходимо задержать эту информацию на время τ_{31} . В то же время сигнал, передаваемый в j -м канальном интервале линии 2, должен быть задержан на время τ_{32} и передан в i -м канальном интервале следующего цикла линии 1. Таким образом, передача речевой информации в прямом и обратном направлениях должна происходить в разных циклах.

2.4.2. Коммутационные блоки и матрицы, реализующие принцип пространственно-временной коммутации

Блок, или модуль (иногда его называют матрицей), реализующий пространственно-временное преобразование координат цифрового сигнала, называется *S/T-ступенью* (от Space – пространство и Time – время).

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

S/T-ступень может использоваться как цифровое коммутационное поле АТС небольшой емкости (до 5 тыс. абонентов) либо как одна из ступеней многозвенных цифровых коммутационных полей (об этом см. далее, в гл. 3).

В качестве первого примера реализации *S/T*-ступени ниже описывается блок временной коммутации (так блок назван в технической документации) цифровой ЭАТС 200. Структурные параметры блока – $S/T : (32/32) \times (32/32)$.

Структурная схема блока временной коммутации ЭАТС 200 показана на рис. 2.18. Структурная схема платы SWM показана на рис. 2.19. Как видно из рисунка, входя-

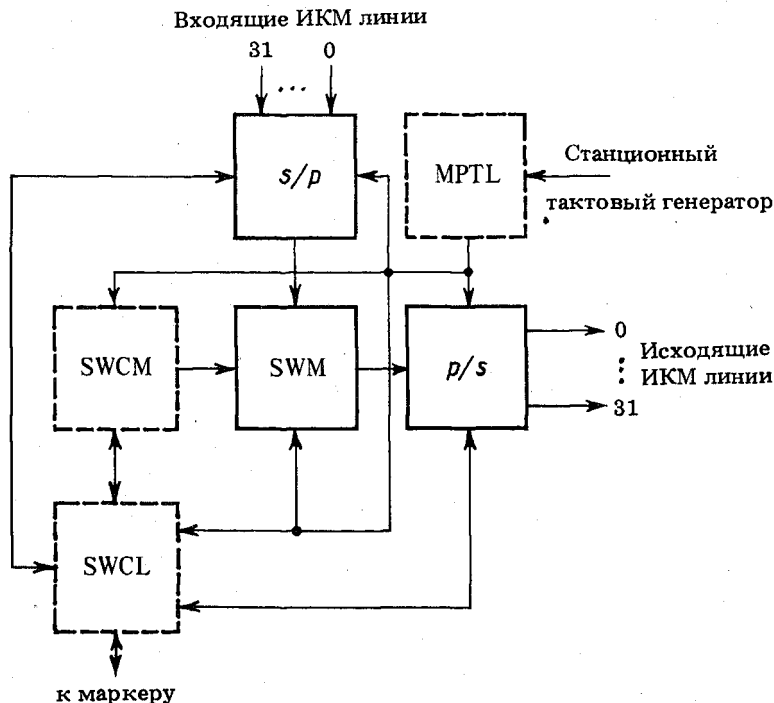


Рис. 2.18. Структурная схема блока временной коммутации цифровой системы ЭАТС 200: SWM – блок ЗУ временной коммутации; $s/p, p/s$ – преобразователи последовательного кода в параллельный и обратно; MPTL – блок формирователя синхронимпульсов; SWCM – блок управляющего ЗУ; SWL – блок тактирования

Входящие ИКМ линии 0, ..., 15 Входящие ИКМ линии 16, ..., 31

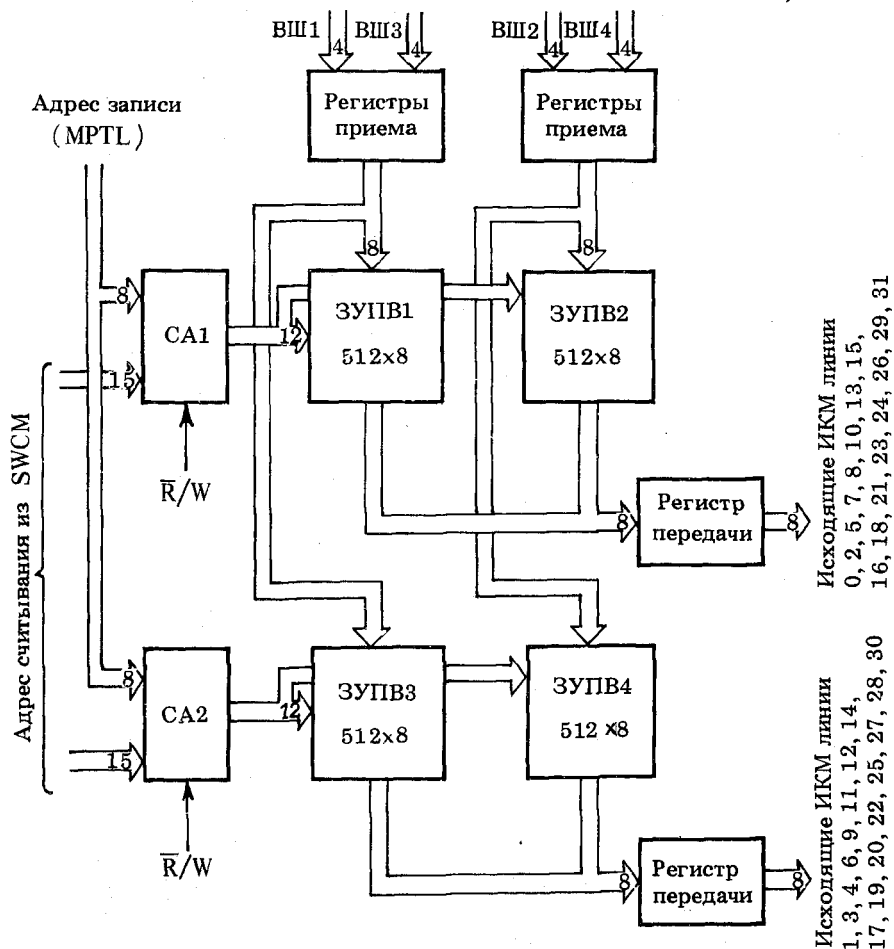


Рис. 2.19. Структурная схема платы SWM:

ЗУПВ 512×2 – ЗУ с произвольной выборкой 512×8 бит; \bar{R}/W – сигнал записи в ЗУ временной коммутации (SWM); ВШ1, ..., ВШ4 – входные шины; CA1, CA2 – селекторы адреса

щие ИКМ линии разбиты на две группы по 16 в каждой. На две группы разбиты и исходящие ИКМ линии. Такое разбиение позволило в два раза снизить скорость записи/считывания ЗУПВ. Однако это привело к тому, что для передачи кодового слова из любой входящей в любую исходящую ИКМ линию требуется записать это слово в два ЗУПВ (например, в ЗУПВ1 и ЗУПВ3 для первой группы входящих ИКМ линий). Емкость каждого ЗУПВ равна $16 \times 32 = 512$ кодовых слов (8-битовое кодовое слово), т.е. емкость ЗУПВ позволяет записать все кодовые слова цикла всех 16 входящих ИКМ линий.

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

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

Кодовые слова входящих ИКМ линий записываются в обе половины ЗУПВ (ЗУПВ1 и ЗУПВ3, ЗУПВ2 и ЗУПВ4) согласно адресам записи, сформированным МРТЛ, которая выполняет роль счетчика. Тем самым реализуется режим последовательной записи ($\rightarrow \downarrow$). Процесс считывания кодовых слов входящих ИКМ линий и их записи в ЗУПВ иллюстрирует рис. 2.20. За время длительности кодового слова (3,9 мкс) в обе половины ЗУПВ будет записано по кодовому слову из каждой входящей ИКМ линии. В табл. 2.4 приведен порядок записи кодовых слов каждой входящей ИКМ линии. Например, если осуществляется запись кодового слова нулевого временного канального интервала каждой ИКМ линии, то при $t = 1$ в ЗУПВ1 и ЗУПВ3 по адресу 0 будут записаны четыре бита из нулевой входящей ИКМ линии, а по адресу 1 – четыре бита из первой, в ЗУПВ2 и ЗУПВ4 по адресу 16 будут записаны четыре бита из шестнадцатой входящей ИКМ линии, а по адресу 17 – четыре бита из семнадцатой. В следующий момент ($t = 2$) по тем же адресам записываются оставшиеся четыре бита кодовых слов.

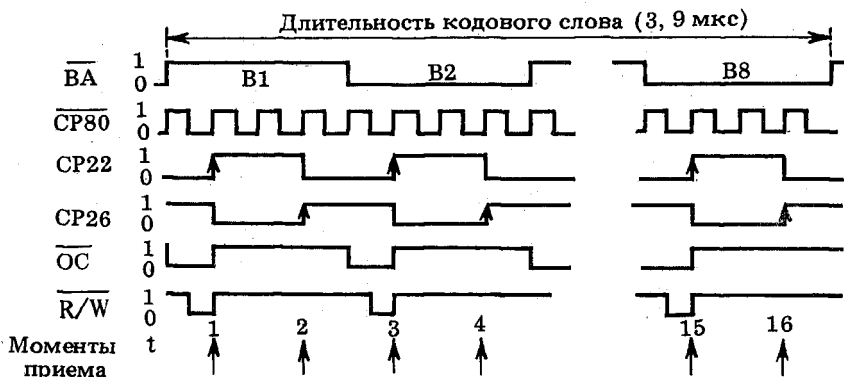
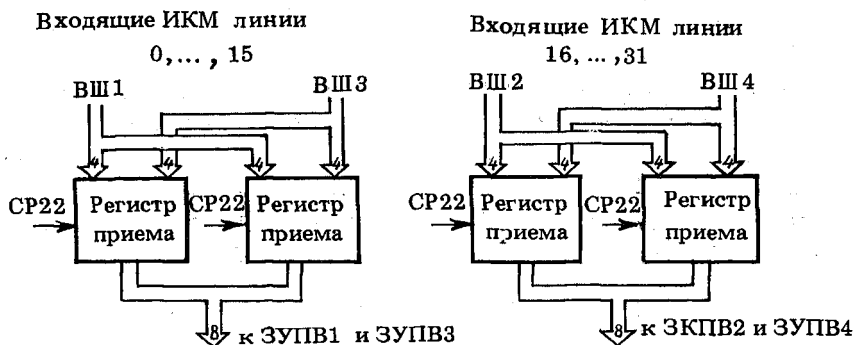


Рис. 2.20. Прием кодовых слов регистрами приема и запись их в ЗУПВ

Табл. 2.4. Порядок записи кодовых слов

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

Табл. 2.5. Порядок считывания адресов коммутации

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

Табл. 2.6. Порядок передачи адресов коммутации

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

Адреса коммутации (адреса считывания)
из управляющего ЗУ SWCM

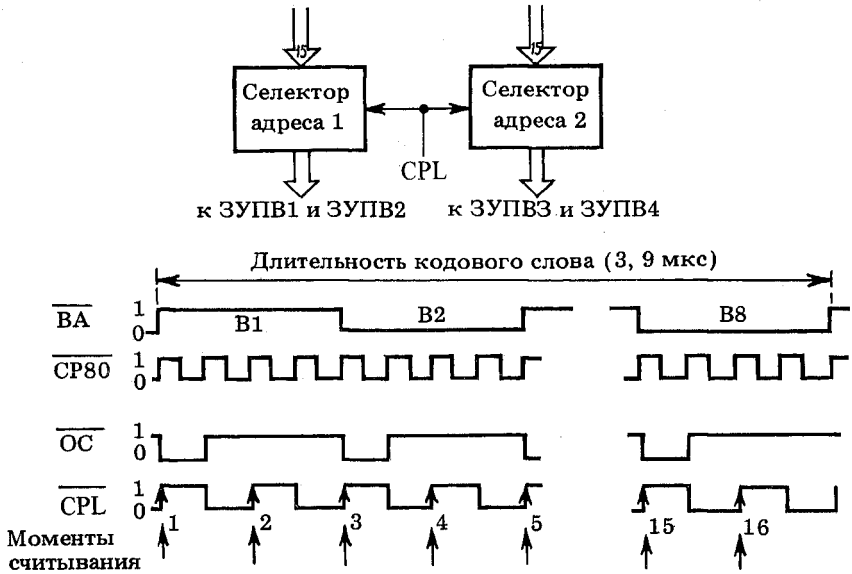


Рис. 2.21. Считывание адреса коммутации

от ЗУПВ1 и ЗУПВ2 от ЗУПВ3 и ЗУПВ4

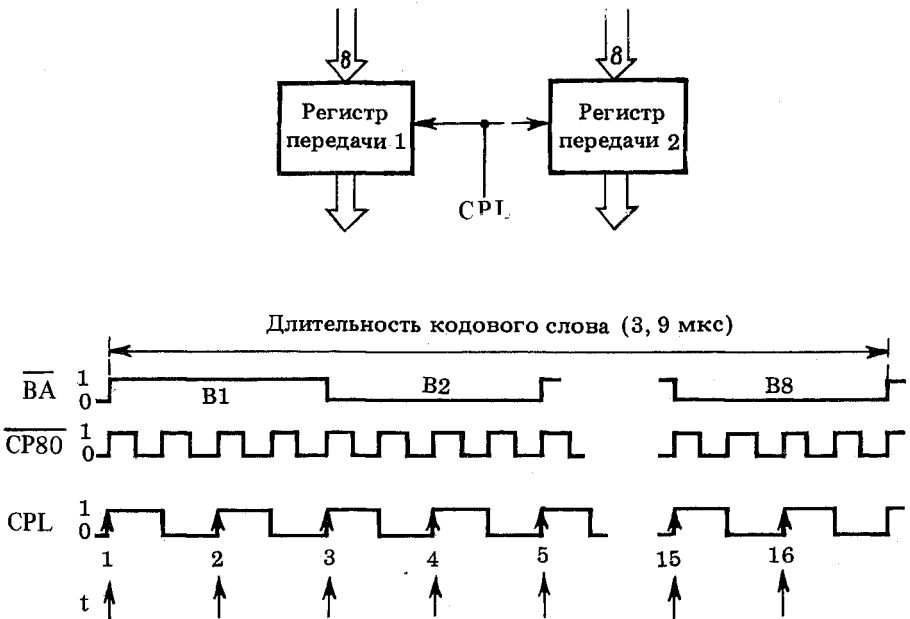


Рис. 2. 22. Порядок передачи ИКМ слов в преобразователь p/s

Рис. 2.21 иллюстрирует процесс считывания адреса коммутации из ЗУ, который управляет считыванием информации из речевых ЗУПВ. Этот адрес вырабатывается управляющими устройствами ЭАТС 200 по полученному номеру вызывающего и номеру вызываемого абонентов. В табл. 2.5 указан порядок считывания адресов коммутации. Например, если необходимо установить соединение, при котором данное кодовое слово должно быть передано в заданном временном канальном интервале в четвертую исходящую ИКМ линию, то считывание будет производиться в момент $t = 16$ согласно адресу коммутации, содержащемуся в селекторе адреса 2 (этот адрес указывает, в какой ячейке ЗУПВ записаны 8 бит кодового слова заданной входящей ИКМ линии).

Считанные из ЗУПВ кодовые слова подаются в регистры передачи (рис. 2.22), а затем в преобразователи p/s .

Запись и считывание в регистры приема, ЗУПВ и в регистры передачи разнесены во времени (см. табл. 2.4–2.6) так, что не возникает блокировок при записи/считывании.

Примером S/T -ступени является также БИС коммутационной матрицы, разработанная итальянскими специалистами для цифровой системы PROTEL UT и получившая название *интегрального коммутационного элемента* (ЕСІ). ЕСІ является S/T -ступенью с параметрами: $S/T : (8/32) \times (8/32)$. Микросхема ЕСІ может прямо подключаться к шине 8-битового процессора и является для него стандартным периферийным устройством. На рис. 2.23 показана ее структурная схема.

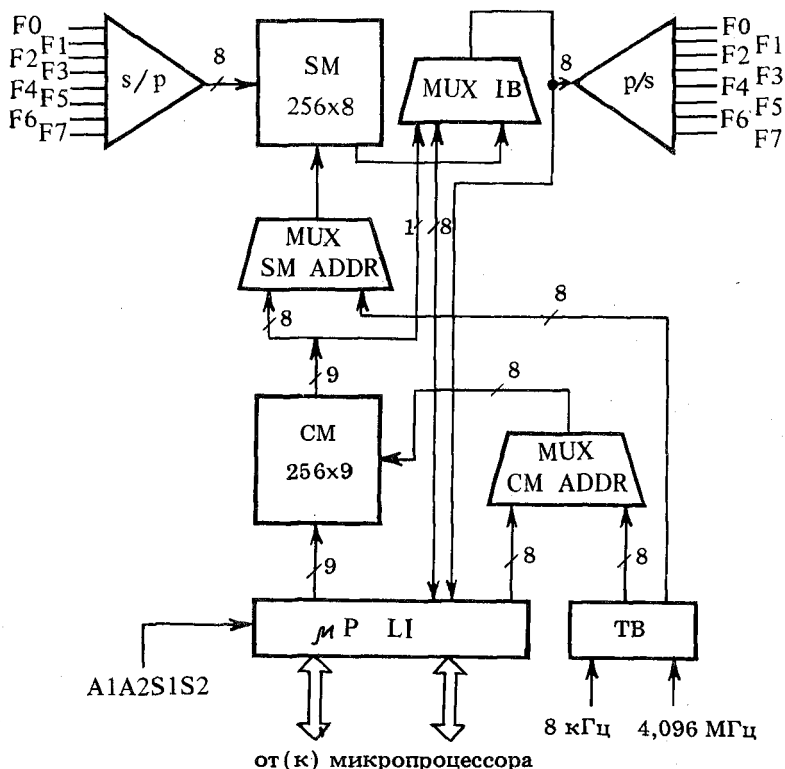


Рис. 2.23. Структурная схема ЕСІ ($S/T : (8/32) \times (8/32)$)

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

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

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

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

Первый подынтервал содержит восемь циклов длительностью 250нс каждый. В первом цикле в разговорное ЗУ записываются по соответствующим адресам 8 бит из каждой

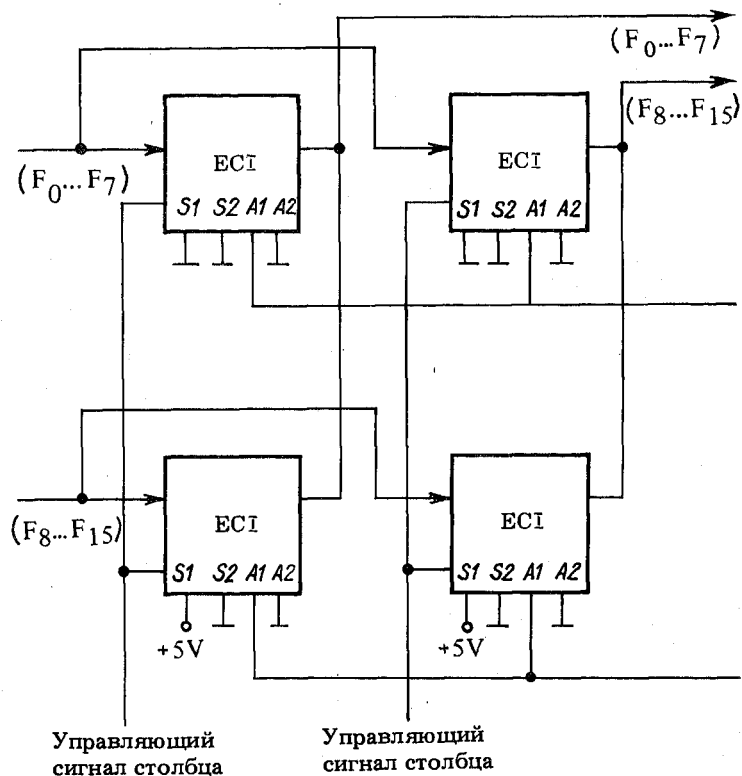


Рис. 2.24. Матричная схема с использованием четырех элементов ECI ($S/T : (16/32) \times (16/32)$)

ИКМ-30. Остальные циклы используются для связи с логическим интерфейсом микропроцессора и приема адреса считывания из управляющего ЗУ. Во втором подынтервале осуществляется считывание 8 бит кодовых слов согласно адресам, полученным из управляющего ЗУ.

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

Рабочий цикл управляющего ЗУ организован так же, как и в речевом. Во время первого подынтервала ЗУ связано с микропроцессором для получения управляющих сигналов. Во втором подынтервале по сигналам счетчиков СТ1 и СТ2 восемь раз производится считывание адресов для управления речевым ЗУ, которые состоят из адресов считывания в речевом ЗУ ((1...8)-й биты) и одного проверочного бита для управления работой внутренней ИКМ линии.

Логический интерфейс микропроцессора обеспечивает связь ЕС1 с микропроцессором типа Z 80, из которого приходят сигналы для записи и считывания информации в ЕС1.

Входы A1, S1, A2, S2 (рис. 2.24) позволяют включить в единую коммутационную схему несколько ЕС1 (до 8 ЕС1 — схема на 1024 × 1024 канальных интервала).

Британская фирма Plessey Research объявила о разработке похожей на ЕС1 БИС для цифровой коммутационной системы System X. К входам и выходам БИС подключаются по 8 линий ИКМ-30. В состав БИС входят преобразователи s/p и p/s , речевое ЗУ 256 × 8, ЗУ управления 256 × 9. Имеются два входа управления. До 8 таких БИС могут объединяться в целях увеличения емкости коммутационной схемы, для чего служат три специальных вывода на каждой БИС.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Возможно ли применение коммутации пакетов при осуществлении телефонного разговора?

2. С помощью диаграмм, аналогичных представленным на рис. 2.1, объясните принцип трех-, четырех- и пятикоординатной коммутации. Обоснуйте выбор элементов пространства признаков P . Возможна ли практическая реализация такой коммутации?

3. Рассмотрим в качестве примера работу T -ступени в режиме $(\rightarrow \downarrow, \uparrow \rightarrow)$ (рис.

2.25). Пусть информация из канального интервала l должна быть передана в канальный интервал 3 . По синхронизирующему сигналу канального интервала 0 счетчик обнуляется (здесь предполагается, что структура цикла времениуплотненного группового сигнала внутри T -ступени остается такой же, как и в ЦСП. В реальных системах коммутации такого ограничения не существует). С помощью последовательного увеличения значения счетчика, формирующего адреса речевого ЗУ, кодированные отсчеты всех каналов цикла записываются в это ЗУ. Тем самым реализуется режим последовательной записи в речевом ЗУ.

В следующем цикле осуществляется режим последовательного считывания. Для этой цели вновь организуется счетчик адресов управляющего ЗУ. Эти значения счетчика из ячеек адресного ЗУ определяют адрес считывания для речевого ЗУ. Данный адрес записывается в управляющее ЗУ центральным управляющим устройством АТС. Для рассматриваемого примера при $S_4=3$ будет считан адрес l , сигнал считывания подан по адресу l в речевое ЗУ, и информация канала l попадет в канальный интервал 3 . Тем самым будет реализован режим произвольного считывания речевого ЗУ. Нетрудно заметить, что для управляющего ЗУ реализуется режим последовательного считывания.

Используя вышеприведенный пример:

а) объясните режим работы T-ступени ($\rightarrow \uparrow$, $\downarrow \rightarrow$);

б) ответьте, возможны ли одновременно режимы работы речевого и управляющего ЗУ в следующих комбинациях:

Речевое ЗУ	Управляющее ЗУ
($\rightarrow \downarrow$, $\uparrow \rightarrow$)	($\rightarrow \downarrow$, $\uparrow \rightarrow$)
($\rightarrow \downarrow$, $\uparrow \rightarrow$)	($\rightarrow \uparrow$, $\downarrow \rightarrow$)
($\rightarrow \uparrow$, $\downarrow \rightarrow$)	($\rightarrow \downarrow$, $\uparrow \rightarrow$)
($\rightarrow \uparrow$, $\downarrow \rightarrow$)	($\rightarrow \uparrow$, $\downarrow \rightarrow$)

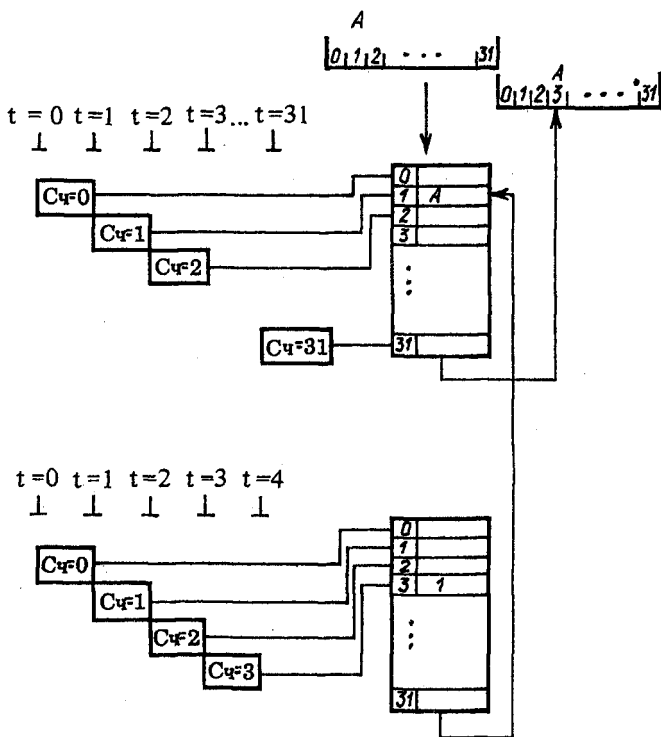


Рис. 2.25. Иллюстрация работы T-ступени в режиме последовательной записи и произвольного считывания

Выполняя эти задания, вы сразу поймете, что предложенные схемы T -ступени показывают речевые сигналы через цикл (например, циклы 0, 2, 4, ...). Каждый второй отсчет каждого канала пропадает, так как в это время из речевого ЗУ происходит считывание информации. Как изменить предложенные выше схемы, чтобы этого не происходило? Как будут называться режимы работы таких T -ступеней? Чему равно число A для таких схем T -ступеней? Чему равна емкость ЗУ во всех случаях?

4. Будет ли S -ступень иметь внутренние блокировки? Докажите свое утверждение.

5. Нарисуйте схему коммутационной части S -ступени для коммутации 8-битового слова в параллельном коде.

6. Установите соединение в ЗУ временной коммутации ЭАТС 200 между 2-м канальным интервалом 1-й входящей ИКМ линии и 22-м канальным интервалом 18-й исходящей ИКМ линии.

3. МНОГОЗВЕННЫЕ ЦИФРОВЫЕ КОММУТАЦИОННЫЕ ПОЛЯ

3.1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ПОНЯТИЯ

В дальнейшем нам понадобится несколько общих определений, относящихся к коммутационной технике.

Коммутационная станция — это совокупность технических средств связи, обеспечивающая коммутацию абонентских и соединительных линий (каналов) при осуществлении оконечных и транзитных соединений в сети связи. В зависимости от назначения станции бывают местными, транзитными, междугородными, международными.

Принципы внутреннего построения коммутационных станций отражает понятие *коммутационной системы* — технических средств связи, предназначенных для осуществления оперативной коммутации и реализации коммутационных станций сети связи. В зависимости от типа коммутационных приборов и управляющих устройств различают системы: декадно-шаговые, координатные, квазиэлектронные, механоэлектронные, электронные и др. Далее мы будем использовать менее общее понятие, а именно цифровой коммутационной системы NEAX 61 или просто системы ЭАТС 200.

Коммутационная система, реализующая функцию цифровой коммутации, получила название *цифровой коммутационной*. Такие системы относятся к классу электронных, так как все их оборудование реализовано на электронных приборах. Если на основе цифровой коммутационной системы реализована автоматическая коммутационная станция, то в названии станции используется слово "цифровая" (например, цифровая АТС, цифровая АМТС и т.д.).

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

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

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

Функциональной частью местных цифровых коммутационных станций является *концентратор*, позволяющий осуществить предварительную концентрацию абонентской нагрузки с целью более рационального использования соединительных линий между концентратором и основной (опорной) коммутационной станцией (интенсивность нагрузки на абонентскую линию составляет 0,1...0,2 Эрл, на соединительную линию — 0,7...0,8 Эрл). В цифровых коммута-

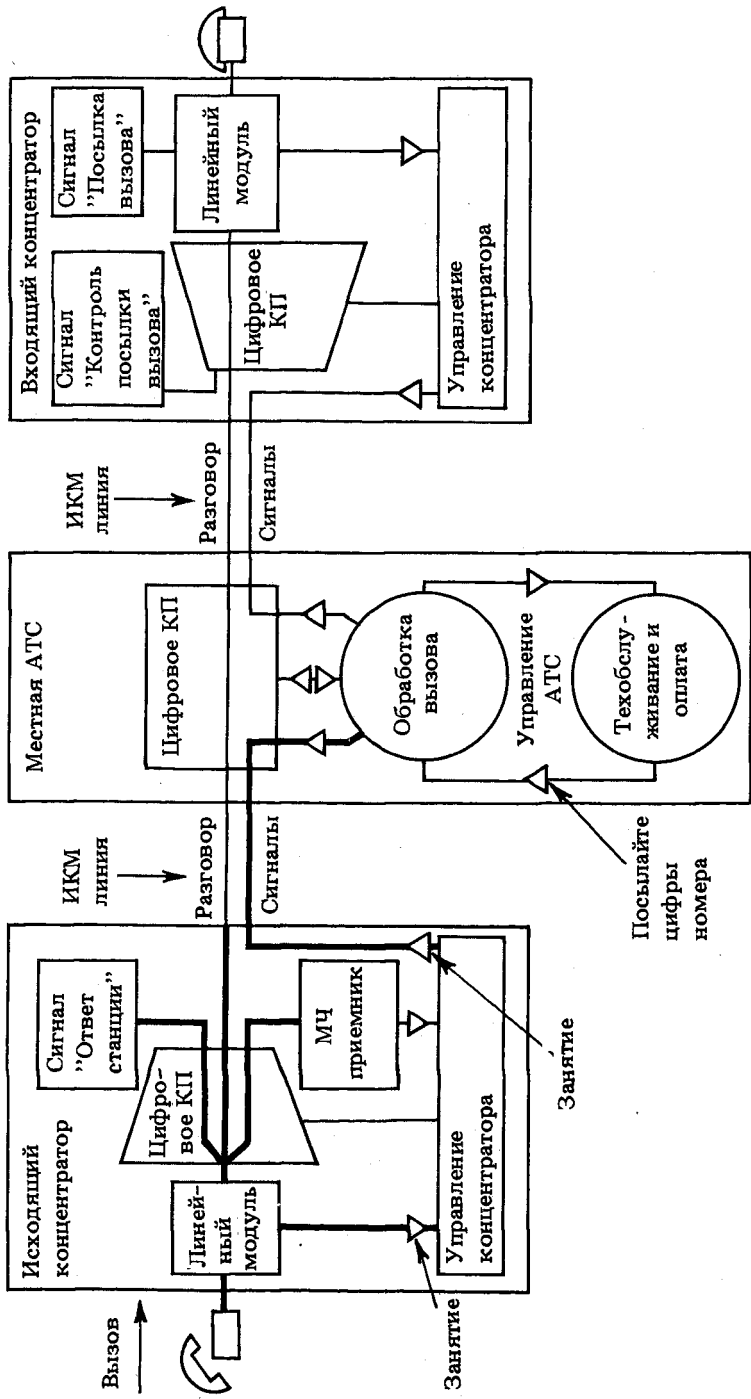


Рис. 3.1. Занятие

ционных станциях используются два типа концентратора — аналого-цифровой и цифровой. *Аналого-цифровой* концентратор объединяет нагрузку k аналоговых каналов для передачи по l цифровым каналам электросвязи ($k > l$). У *цифрового концентратора* входящие и исходящие каналы являются цифровыми. Концентратор, территориально расположенный вне здания АТС, называется *удаленным*. Если удаленный концентратор управляется своим управляющим устройством (а не из опорной АТС) и в нем разрешен внутренний обмен между абонентами, то он носит название *удаленного коммутационного модуля*.

С сетевой точки зрения удаленный концентратор является подстанцией (ГОСТ 19472–80). К удаленным коммутационным модулям понятие "подстанция" неприменимо, так как эти модули становятся по существу отдельными АТС.

Установление соединения в цифровых коммутационных станциях с программным управлением — сложный процесс, детальное описание которого требует тщательного ознакомления с алгоритмами работы станции и ее узлов, структурой программного обеспечения, принципами построения управляющего комплекса и углубленного изучения аппаратуры станции. Однако мы здесь ограничимся рассмотрением процесса установления соединения в станциях в самых общих чертах.

В принципе управляющая информация может передаваться внутри цифровой станции либо по специально выделенному каналу, либо внутри канала совместно с речевым сигналом.

Покажем в качестве примера процесс установления соединения на местной цифровой АТС для случая, когда абонентские линии вызывающего и вызываемого абонентов включаются в два различных концентратора одной и той же местной АТС. Структура обоих концентраторов совершенно одинакова, однако на рисунках показаны лишь те устройства, которые необходимы для осуществления данного соединения (исходящего — для одного концентратора и входящего — для другого).

1. *Занятие* АТС (рис. 3.1) начинается с момента поднятия микрофонной трубки вызывающим абонентом. Изменение физического состояния абонентской линии регистрируется оборудованием линейного модуля, из которого в оборудование управления концентратора посылается сигнал "Занятие". Запускается программа связи концентратора с опорной АТС. Программа выбирает свободный соединительный путь 64 К бит/с в ИКМ линии между вызывающей абонентской линией и опорной АТС и дает команды на его установление в линейный модуль концентратора и цифровое КП концентратора.

Кроме того, управляющее устройство исходящего концентратора посылает в управляющее устройство АТС сигнал "Занятие" с указанием номера абонентской линии и канала, отведенного ей в ИКМ линии. Эта информация передается на АТС по сигнальному каналу ИКМ линии (например, по 16-му каналу ИКМ-30).

Подсистема программ обработки вызова управляющего устройства АТС отмечает в своей памяти вызывающую абонентскую линию как занятую и резервирует область памяти для записи всех данных о вызове. После этого программы обработки вызова формируют сигнал "Посылайте цифры номера" и организуют его передачу по сигнальному каналу ИКМ линии в управляющее устройство концентратора. В сигнале "Посылайте цифры номера" содержатся данные о типе сигнала "Ответ станции", который необходимо послать вызывающему абоненту (обычный сигнал или сигнал для специального терминала, имеющегося у абонента).

Программы управляющего устройства исходящего концентратора определяют наличие свободных многочастотных (МЧ) цифровых приемников. Если такой МЧ приемник

имеется, то рассчитывается и устанавливается соединительный путь между ним и абонентской линией через цифровое КП и линейный модуль. В это же время программы находят и устанавливают соединительный путь от цифрового генератора сигнала "Ответ станции" к абонентской линии. Вызывающий абонент слышит этот сигнал. Соединительный путь, найденный и установленный между абонентской и ИКМ линиями сразу же после подъема абонентом микрофонной трубки, остается занятым, но не используется на данном этапе установления соединения.

2. *Процесс приема цифр номера вызываемого абонента* показан на рис. 3.2. Если номер вызываемого абонента передается декадным способом (замыканием и размыканием абонентской линии), то он регистрируется оборудованием линейного модуля, а затем посылается в МЧ приемник. Если номер передается многочастотным способом, то он принимается МЧ приемником. Этот номер затем посылается в управляющее устройство концентратора для анализа. Если анализ показал, что набранный номер задействован в телефонной сети, управляющее устройство концентратора посылает сообщение "Цифры номера" по сигнальному каналу ИКМ линии в управляющее устройство АТС.

Программы концентратора выдают команду прекратить посылку сигнала "Ответ станции" вызываемому абоненту при получении первого импульса первой цифры номера или при регистрации первой комбинации многочастотного кода. В сообщении "Цифра номера" содержится номер вызываемого абонента, который будет использован при установлении соединения через АТС и входящий концентратор, и номер вызываемого абонента для начисления оплаты за состоявшийся разговор. Программы обработки вызова АТС записывают сообщение "Цифры номера" в зарезервированную ранее область памяти.

3. *Процесс выбора соединительного пути* изображен на рис. 3.3. После записи в память номер вызываемого абонента анализируется программой определения маршрута. В результате находится номер вызываемой абонентской линии и определяется, занята она другим разговором или свободна. Если вызываемая абонентская линия свободна, программы обработки вызова записывают все необходимые сведения в память, отмечают как занятую найденную абонентскую линию и посылают сообщение "Занятие разговорного тракта" в управляющее устройство входящего концентратора. В сообщении указывается номер вызываемой линии.

При получении сообщения "Занятие разговорного тракта" программы входящего концентратора вновь определяют, занята или свободна вызываемая абонентская линия по другим причинам (например, при блокировке либс неисправности). Если линия свободна, программы находят соединительный путь и дают команды на его установление между абонентской линией вызываемого абонента и каналом ИКМ линии через линейный модуль и цифровое КП входящего концентратора.

После этого в управляющее устройство АТС посылается сообщение "Разговорный тракт занят", куда входит информация о канале ИКМ линии. Это сообщение является сигналом для передачи из управляющего устройства АТС в концентратор сообщения "Цифр номера достаточно" (в некоторых случаях могут потребоваться дополнительные цифры). Концентратор отключает от абонентской линии вызываемого абонента МЧ приемник и посылает в АТС сообщение "Готовность".

В это же время программы обработки вызова определяют соединительный путь между исходящим и входящим концентраторами через цифровое КП АТС.

4. *Процесс вызова* иллюстрирует рис. 3.4. Получив сообщение "Готовность" от исходящего концентратора, программы обработки вызова АТС дают команды на установление разговорного тракта между концентраторами через цифровое КП АТС. Получив сигнал "Подтверждение" из цифрового КП, программы обработки вызова организуют посылку сообщения "Послать вызов" входящему концентратору, который подключает генератор "Посылка вызова" к вызываемой абонентской линии, а исходящий концентратор — цифровой генератор "Контроль посылки вызова" к абонентской линии вызываемого абонента.

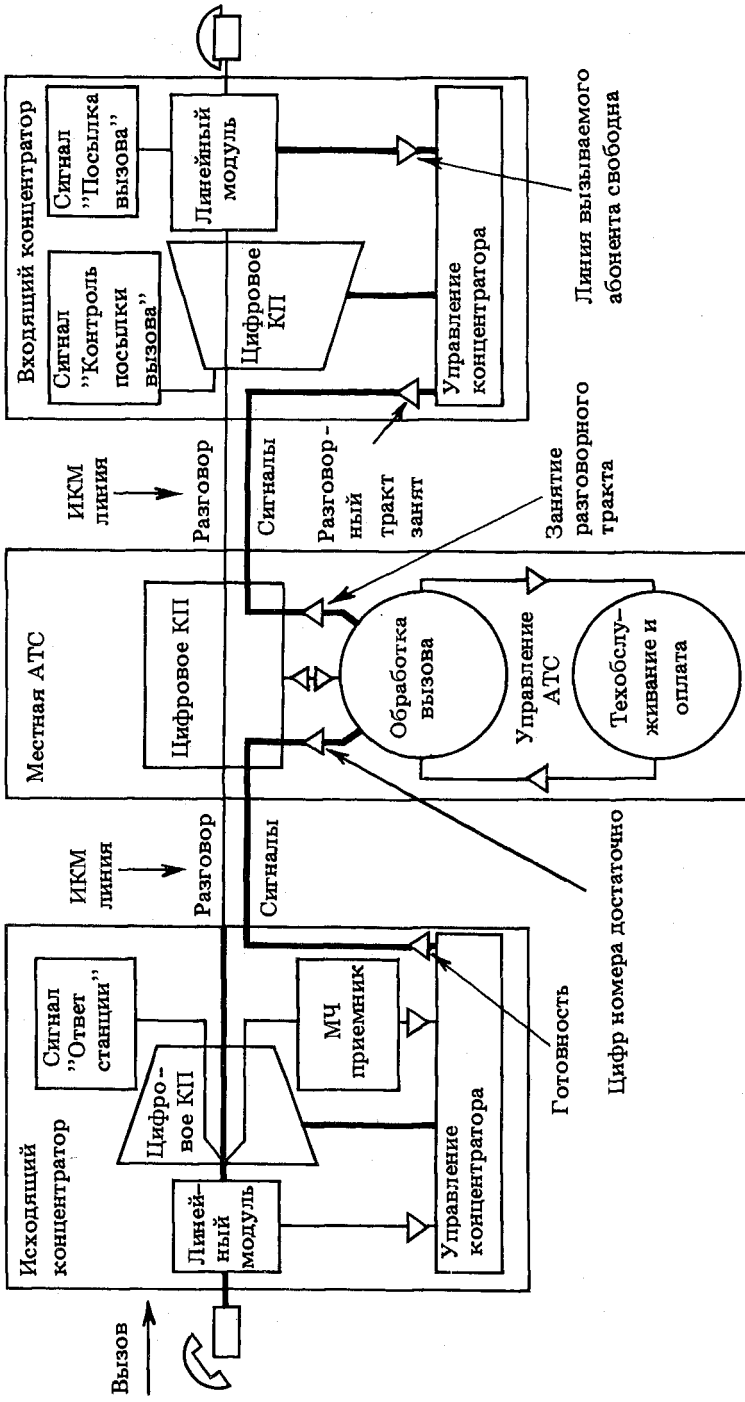


Рис. 3.3. Выбор соединительной линии

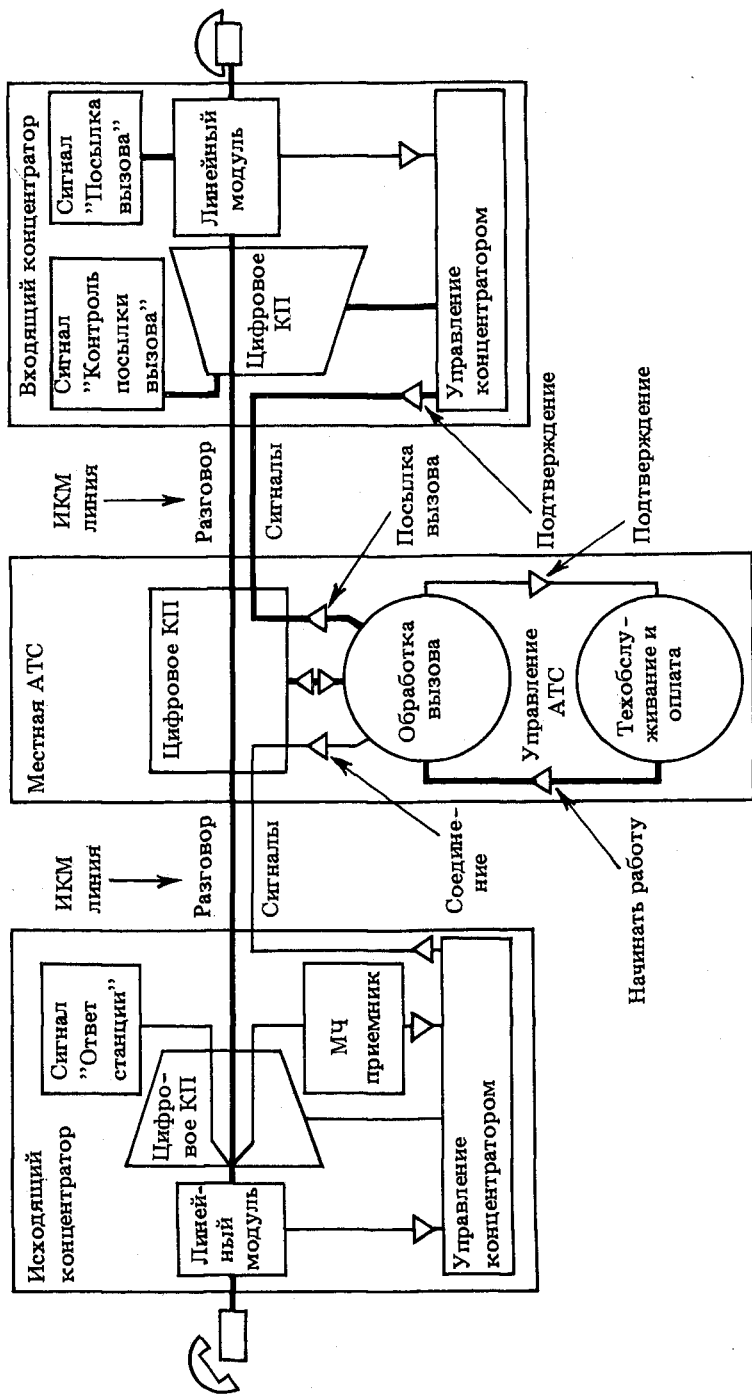


Рис. 3.4. Вызов

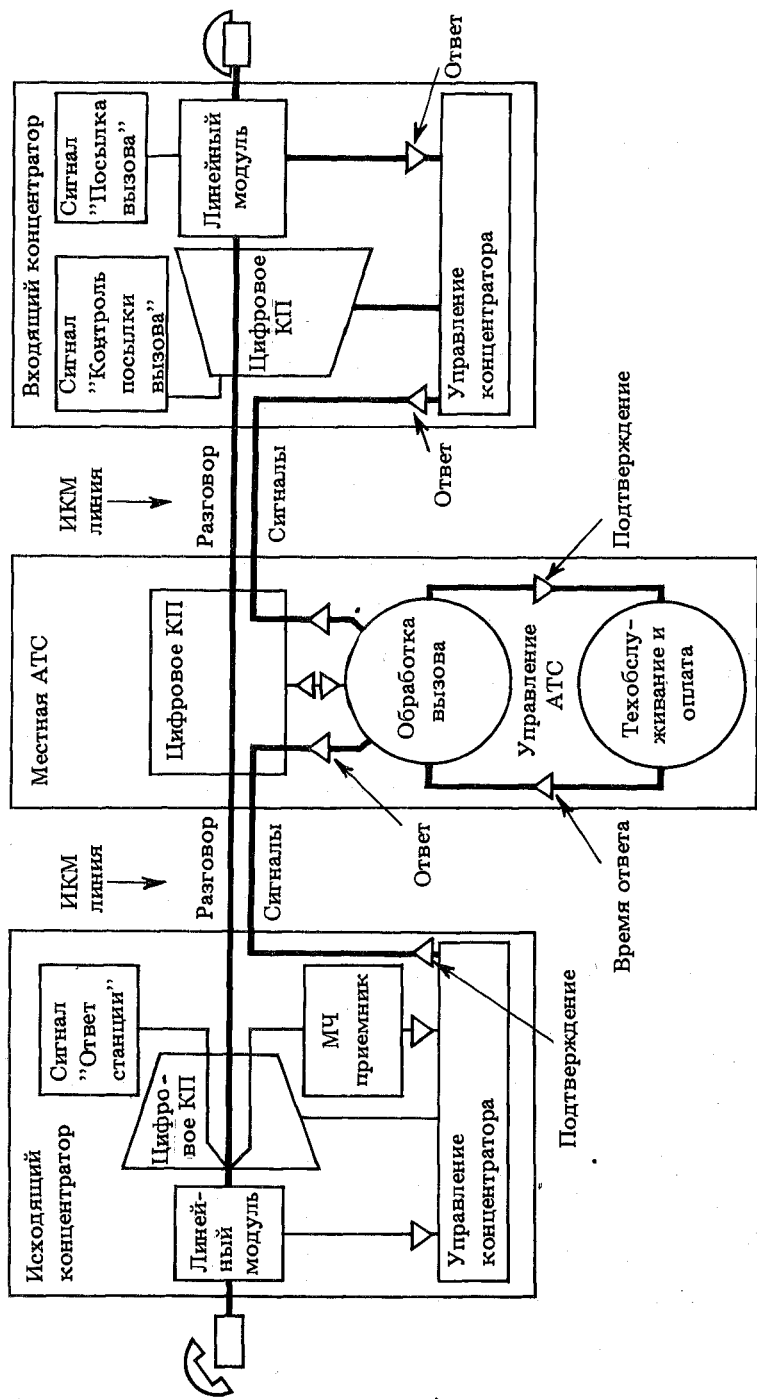


Рис. 3.5. Ответ

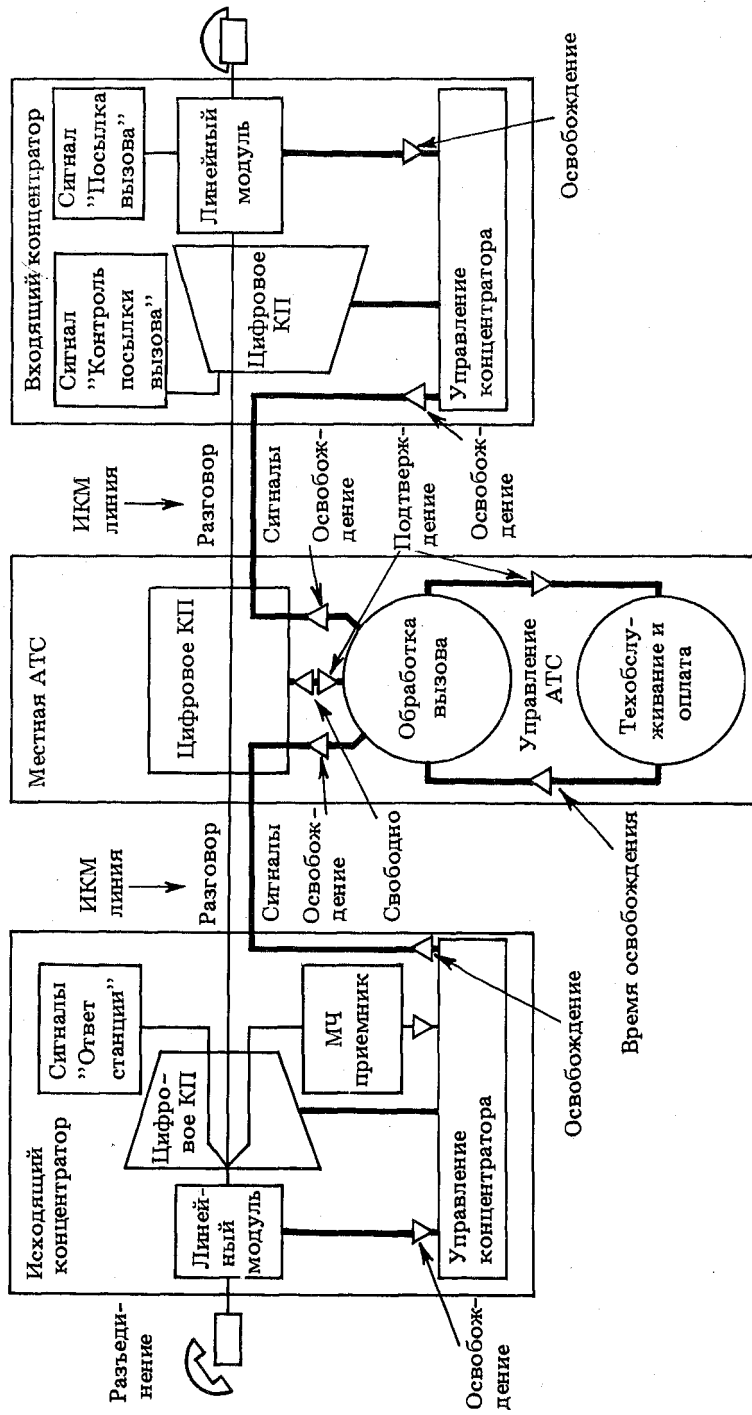
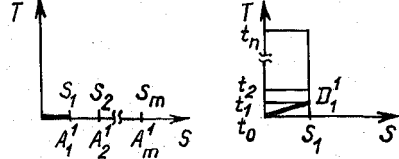
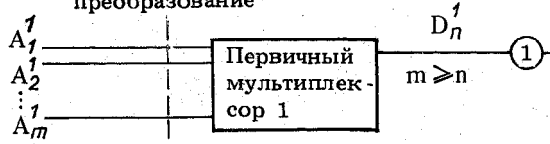


Рис. 3.6. Освобождение

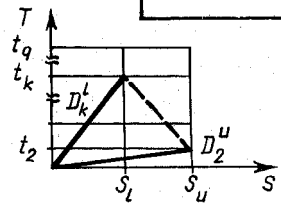
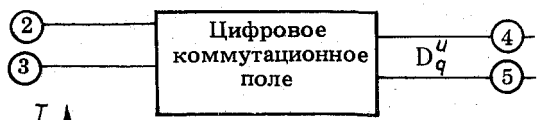
а

Аналого-цифровое преобразование



$$A_i^1(s_i) \xrightarrow{\psi_i} D_j^1(s_i, t_j)$$

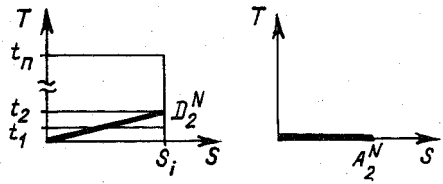
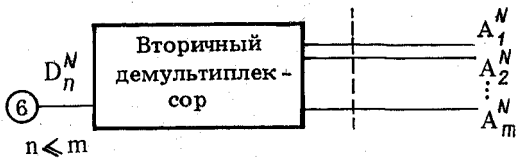
в



$$D_j^l(s_i, t_j) \xrightarrow{\psi(s, T)} D_k^u(s_u, t_k)$$

д

Цифроаналоговое преобразование



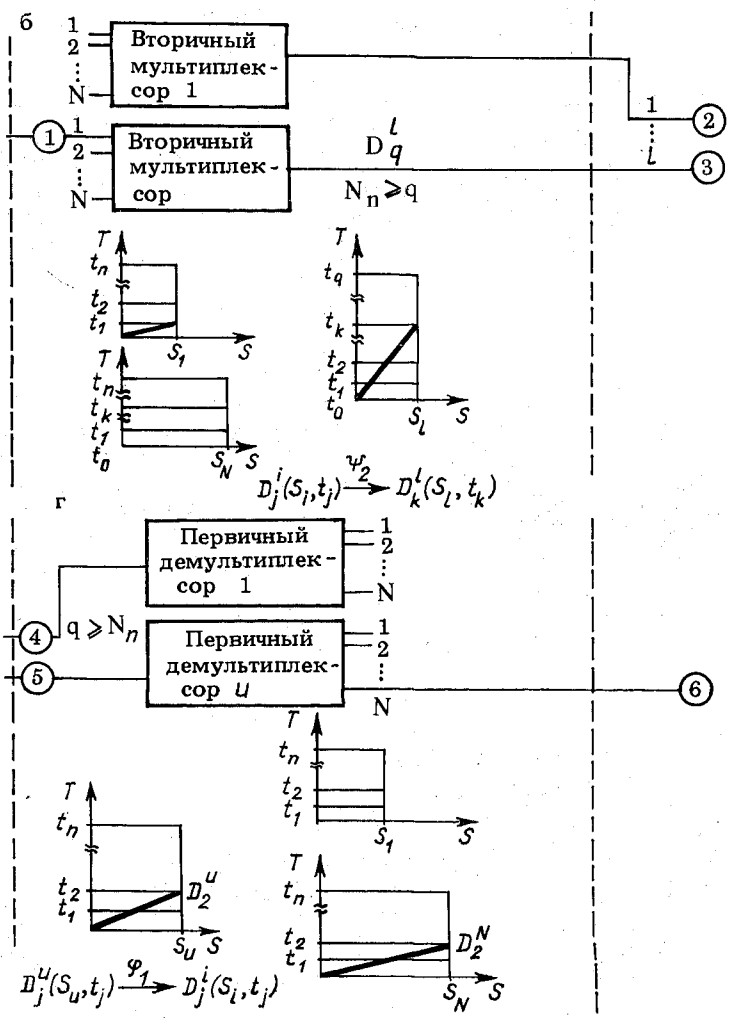


Рис. 3.7. Преобразование координат речевых сигналов в цифровой системе связи:
 а – первичное мультиплексирование (первичное временное уплотнение Ψ_1 сигналов $A_1^1, A_2^1, \dots, A_m^1$: m пространственных координат S_i сигналов $A_i^1(S_i), i = \overline{1, m}$, преобразуются в одну пространственную координату S_1 и n временных координат $t_j, j = \overline{1, n}$);
 б – вторичное мультиплексирование (вторичное временное уплотнение Ψ_2 сигналов: N пространственных координат $S_i, i = \overline{1, N}$, преобразуются в одну пространственную координату S_l за счет соответствующего увеличения временной координаты $t_k, k = \overline{1, N}$);
 в – цифровая коммутация (в процессе коммутации осуществляется преобразование вектора цифрового сигнала вызывающего абонента в вектор цифрового сигнала вызываемого абонента. На этом рисунке для определенности показана передача речи от абонента A_1^1 первого первичного мультиплексора к абоненту A_2^N N -го вторичного демультиплексора);
 г – первичное демультиплексирование (операция φ_1 обратна операции Ψ_1); д – вторичное демультиплексирование (операция Ψ_2 обратна операции Ψ_1); –о, о– есть входящий и исходящий соединители

После завершения этих операций входящий концентратор посылает в управляющие устройства АТС сообщение "Подтверждение", а они передают в систему техобслуживания АТС сообщение "Начать работу".

Затем наступает пауза в процессе установления соединения вплоть до момента ответа вызываемого абонента.

5. *Процесс ответа* показан на рис. 3.5. Если вызываемый абонент поднял микрофонную трубку, то замыкается его абонентская линия. Изменение физического состояния абонентской линии регистрируется линейным модулем входящего концентратора, который посылает сообщение "Ответ" в управляющее устройство концентратора. Программы управляющего устройства входящего концентратора формируют команды на отключение генераторов и подключение через линейный модуль вызываемой абонентской линии к разговорному тракту. Затем в АТС посылается сообщение "Ответ".

Это же сообщение передается через управляющие устройства АТС и в исходящий концентратор. Сообщение "Ответ" позволяет включить, например, абонентский счетчик вызывающего абонента (или специальную программу для учета стоимости разговора). Исходящий концентратор после этого посылает сообщение "Подтверждение" в управляющие устройства АТС.

Программы обработки вызова передают также сообщение "Время ответа" в программы оплаты разговора. Обрато они получают сообщение "Подтверждение".

После этого наблюдение за разговором осуществляют линейные модули обоих концентраторов, которые должны зарегистрировать момент, когда один из абонентов положит абонентскую трубку.

6. *Процесс разъединения* изображен на рис. 3.6. Предположим, что вызывающий абонент первым положит микрофонную трубку. Изменение физического состояния абонентской линии регистрирует линейный модуль исходящего концентратора, который посылает в управляющее устройство концентратора сообщение "Освобождение". Это же сообщение посылается из концентратора в управляющее устройство АТС. Программы обработки вызова АТС присылают подтверждающее сообщение "Свободно". Управляющее устройство исходящего концентратора освобождает все приборы разговорного тракта внутри концентратора, связанные с вызывавшей абонентской линией, и отмечают, что эта линия свободна.

Программы обработки вызова АТС осуществляют затем следующие действия: дают команды на освобождение приборов цифрового КП и проверяют их исполнение (получают сообщение "Подтверждение"); посылают в программы начисления оплаты время окончания разговора; передают во входящий концентратор сообщение "Освобождение".

Программы управляющего устройства входящего концентратора дают команды на разрушение разговорного тракта внутри концентратора и посылают в линейный модуль команды о подключении к вызываемой абонентской линии через линейный модуль генератора сигнала "Занято". Линейный модуль ожидает момента, когда вызываемый абонент положит микрофонную трубку. Зарегистрировав этот факт, линейный модуль посылает сообщение "Освобождение" в управляющее устройство концентратора, которое дает команду на отключение от линейного модуля генератора сигнала "Занято", отмечает абонентскую линию как свободную и разрушает соединительный путь внутри концентратора. В управляющее устройство АТС посылается сообщение "Освобождение". Программы обработки вызова АТС отмечают линию вызываемого абонента как свободную. На этом процесс освобождения заканчивается.

Программы и приборы концентраторов и АТС работают таким образом, что дают возможность осуществить разъединение на любом этапе установления соединения (вызывающий абонент имеет право положить микрофонную трубку в любой момент времени).

Кроме того, в случае отсутствия свободных соединительных линий и приборов АТС, линий и приборов концентраторов, занятости вызываемого абонента другим разговором

или блокировки абонентской линии по техническим причинам вызывающему абоненту посылается сигнал "Занято" (аналогично тому, как это делалось при разъединении для вызываемого абонента).

В заключение рассмотрим процессы установления соединения в цифровых АТС с помощью векторных диаграмм. Признаками сигналов будут S (пространство) и T (время), основная форма сигнала — цифровая.

На рис. 3.7 показан один из вариантов организации разговорного тракта цифровой АТС. Более характерным для современных цифровых АТС является использование концентраторов и удаленных концентраторов для включения аналоговых абонентских линий. Однако ничего принципиально нового в векторные диаграммы это не вносит.

Аналоговые речевые сигналы после ИКМ преобразования подвергаются временному объединению в специальном устройстве, называемом *мультиплексором*. В современных АТС могут использоваться две ступени временного объединения — первичное и вторичное мультиплексирование.

На этом же рисунке показаны аналоговые абонентские линии, однако векторное представление сигналов \vec{A}_i инвариантно к форме сигнала. Поэтому можно считать, что в цифровую АТС включаются как аналоговые, так и цифровые телефонные абонентские линии.

Абонентские линии включаются в строго заданные первичные мультиплексоры, поэтому векторы сигналов имеют верхние индексы, обозначающие номер первичного мультиплексора (например, \vec{A}_2^1).

Форма представления сигналов в тракте между аналого-цифровым и цифроаналоговым преобразователями является цифровой.

После аналого-цифрового преобразования сигналы абонентских линий мультиплексируются, при этом возможна концентрация нагрузки ($m > n$) для более полной загрузки соединительных линий между мультиплексором и цифровым КП. Подобным образом осуществляется концентрация нагрузки в абонентском модуле SUB системы ЭАТС 200. В ряде систем концентрации нагрузки при включении абонентских линий в мультиплексоры не происходит (примером может служить английская система System X).

После мультиплексирования речевой сигнал представляется вектором \vec{D}_i^j в координатах S (пространство) и T (время), где буква D обозначает цифровую форму представления сигнала, верхний индекс — номер первичного мультиплексора, нижний индекс — номер временного канала цикла первичного мультиплексора.

В ряде цифровых АТС (например, ЭАТС 200) отсутствует вторичное мультиплексирование. Более характерно для современных АТС использование вторичного мультиплексирования. Вторичные мультиплексоры устанавливаются совместно с цифровым КП и часто являются его неотъемлемой частью. На выходе вторичного мультиплексора сигнал обозначается \vec{D}_q^l , где l — номер вторичного мультиплексора; q — номер временного канального интервала цикла вторичного мультиплексора. И при вторичном мультиплексировании также возможна концентрация нагрузки, однако на практике вторичный мультиплексор обычно не производит концентрации нагрузки.

В ряде японских систем вторичный мультиплексор используется для согласования североамериканских или европейских первичных ЦСП со стандартным цифровым КП (например, во вторичный мультиплексор ИКМ-120 включаются пять североамериканских ИКМ-24 или четыре европейские ИКМ-30).

Цифровое КП по командам из управляющих устройств осуществляет преобразование сигналов по координатам S и T таким образом, чтобы передать данное речевое сообщение в нужные первичный и вторичный демультиплексоры, а оттуда — в абонентскую линию вызываемого абонента.

3.2. ОСОБЕННОСТИ МНОГОЗВЕННЫХ ЦИФРОВЫХ КП

Отметим основные особенности многозвенных цифровых КП.

1. Цифровое КП строится с использованием небольшого числа модулей. Модульность позволяет обеспечить легкую приспособляемость системы к изменению емкости, удобство и простоту эксплуатации, технологичность производства за счет сокращения разнотипных блоков. Кроме того, благодаря модульному построению КП упрощается управление системой и программное обеспечение ее, что имеет существенное значение при разработке, наладке и эксплуатации системы.

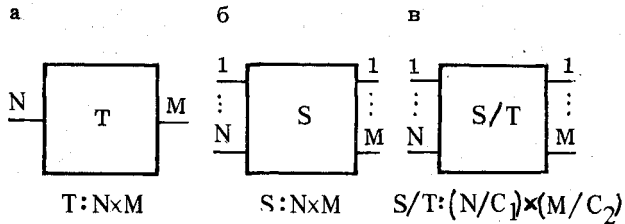


Рис. 3.8. Графическое изображение цифровых ступеней коммутации:
а – T-ступени; б – S-ступени; в – S/T-ступени

2. Цифровые КП обладают симметричной структурой. Под *симметричной* понимают структуру КП, в которой 1-е и s-е, 2-е и (s – 1)-е, 3-е и (s – 2)-е, ... звенья являются идентичными по типу и числу блоков коммутации. Такое КП оказывается симметричным относительно средней линии, разделяющей его на две части. Именно симметричные цифровые КП удобнее всего строить на однотипных модулях, поэтому свойства симметричности и модульности цифрового КП взаимодополняющие. Кроме того, свойство симметричности полей позволяет строить их наиболее рационально по объему оборудования.

3. Цифровые КП являются четырехпроводными из-за особенностей передачи времяуплотненных ИКМ сигналов.

При анализе многозвенных цифровых КП удобно использовать графическое представление T-, S- и S/T-ступеней (рис. 3.8).

3.3. ОБЗОР СТРУКТУР МНОГОЗВЕННЫХ ЦИФРОВЫХ КП

3.3.1. Классификация цифровых КП

Модульность построения современных цифровых коммутационных систем позволяет использовать их в качестве любой станции или узла связи. В цифровых коммутационных системах выделяется основная, неизменная часть оборудования (основное "ядро" системы). Добавляя к ней необходимое дополнительное оборудование, можно получить любую станцию сети связи. Этот же принцип превалирует и при построении цифровых КП. В любой цифровой коммутационной системе выделяются основное цифровое КП и вспомогательные (чаще всего также цифровые) поля концентраторов и удаленных коммутационных модулей. В дальнейшем будут рассматриваться

структуры основных цифровых КП (слово "основное" будет опускаться), а при описании КП концентраторов это будет специально оговариваться.

Все множество симметричных и модульных цифровых КП можно разделить на пять классов.

I. Базовая структура $[(S \times k)(T \times r)(k \times S)]$.

I.1. Подструктура $\{[\text{MUX} - S][S \times (k-1)][T \times r][(k-1) \times S][S - \text{DMUX}]\}$, $k = \overline{1, h}$; $r = \overline{1, q}$.

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

II. Базовая структура $[(T \times k)(S \times r)(k \times T)]$.

II.1. Подструктура $\{[\text{MUX} - T][T \times (k-1)][S \times r][(k-1) \times T][T - \text{DMUX}]\}$, $k = \overline{1, h}$; $r = \overline{0, q}$.

Особенность поля — наличие T -ступени в первом и последнем звеньях, порядок следования T - и S -ступеней внутри поля — произвольный с соблюдением правил симметрии.

III. Базовая структура $[(S/T \times k)(S \times r)(k \times S/T)]$.

III.1. Подструктура $\{([\text{MUX} - S/T] \times k)(S \times r)([S - \text{DMUX}] \times k)\}$, $k = \overline{1, h}$; $r = \overline{1, q}$.

IV. Базовая структура $[(S/T \times k)]$.

IV.1. Подструктура $\{([\text{MUX} - S/T] \times k)([S/T - \text{DMUX}] \times r)\}$, $k = \overline{1, h}$; $r = \overline{1, q}$.

V. Кольцевые цифровые коммутационные поля.

Здесь $T, S, S/T$ обозначают соответствующие типы цифровых коммутационных ступеней; k и r — число звеньев поля соответствующего типа; $[\text{MUX} - S]$, $[\text{MUX} - T]$, ... — структура мультиплексор — соответствующая ступень; $[S - \text{MUX}]$, $[T - \text{DMUX}]$, ... — структура демльтиплексор — соответствующая ступень.

3.3.2. Цифровые КП первого класса

Основное внимание таким структурам уделялось на начальных этапах развития цифровых коммутационных систем из-за высокой стоимости ЗУ в те годы. В данный класс входят все симметричные КП, состоящие из T - и S -ступеней, а начальное и конечное звенья являются S -ступенями.

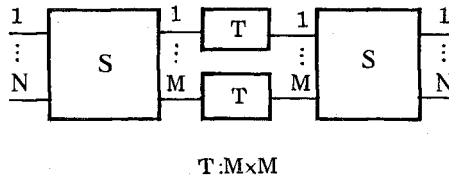
Для простоты примем $k = r = 1$, т.е. рассмотрим трехзвенное цифровое КП. Графическое изображение этого поля приведено на рис. 3.9.

Для базовой структуры (рис. 3.9, а) функцию преобразования

$\vec{A} \xrightarrow{\Psi(T, S)} \vec{D}$ можно представить в виде суммы: $\Psi(T, S) = \Psi_1(S) + \Psi_2(T) + \Psi_3(S)$ (однако перестановка слагаемых в этой сумме запрещена).

Базовая структура при $k = r = 1$ позволяет строить цифровые КП малой емкости. Так, при использовании ЦСП ИКМ-30 и $S: 16 \times 16$ емкость цифрового поля равна 512 временным канальным интервалам. В конце 70-х гг. макси-

а



б

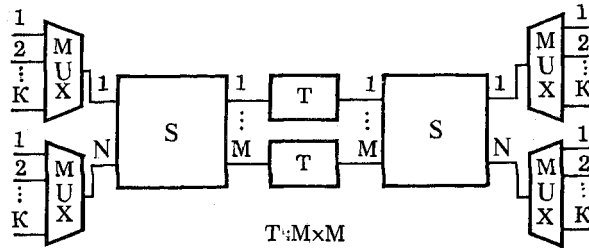


Рис. 3.9. Графическое изображение трехзвенных цифровых КП первого класса

мально большая многокаскадная S -матрица (96×96) использовалась (в другом типе полей) в System X (Великобритания). При такой S -ступени емкость цифрового КП для базовой структуры первого класса при $k = r = 1$ и ИКМ-30 будет равна $96 \times 32 = 3072$ временным канальным интервалам.

Расширение емкости цифрового КП за счет перехода к многозвенным структурам S -ступеней из мультиплексов и демультиплексов приводит к проблемам монтажа, взаимных соединений и т.д.

Заметим, что уже на первых этапах разработок цифровых КП стали применять не базовую структуру, а подструктуру I.1 (рис. 3.9, б). Трехзвенные КП такого вида могут иметь емкость порядка 16 тыс. канальных интервалов.

Примером системы с трехзвенной структурой цифрового КП подструктуры I.1 может служить система ITS 4/5 (введена в строй в 1976 г. в США). Цифровое КП MUX-S-T-S-DMUX, $T : 384 \times 884,8$; $S : 8 \times 8,384$. Местные АТС этой системы имеют в своем составе концентраторы с цифровым КП вида первичный мультиплексор— T -ступень.

Трудности реализации многозвенных схем по подструктуре I.1 с $k > 1$ и $r > 1$ заставили искать другие решения задачи увеличения емкости цифровых КП, хотя и было создано несколько систем большой емкости с полем подструктуры I.1.

3.3.3. Цифровые КП второго класса

Значительное уменьшение стоимости ЗУ в начале 70-х гг. позволило начать разработку и внедрение цифровых КП второго класса.

Базовая структура цифрового КП второго класса не нашла применения из-за малой емкости.

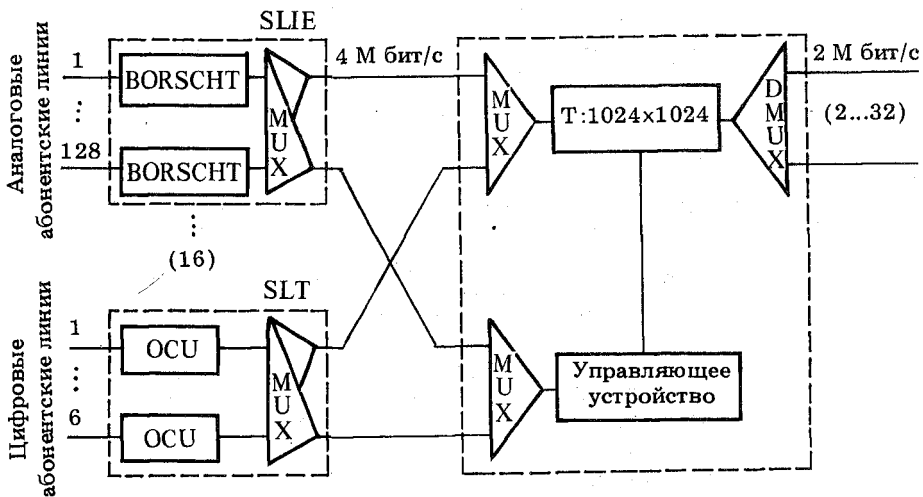


Рис. 3.10. Упрощенная структурная схема концентратора станции D 70:
 BORSCHT – абонентский комплект аналоговых линий; OCU – абонентский комплект цифровых линий

Рассмотрение цифровых КП этого класса начнем с подструктуры II.1 при $k = 1, r = 0$. Примером использования этой подструктуры служит схема цифрового концентратора системы D 70 (Япония) (рис. 3.10). Особенностью КП этого концентратора является использование двух мультиплексов – первичного (PMUX) и вторичного (SMUX). Демльтиплексор DMUX установлен из-за того, что связь между концентратором и опорной АТС осуществляется по стандартным ЦСП ИКМ-30. Если построить АТС с таким КП, то ее емкость будет приблизительно равна 2000 абоне-тским линиям (АТС малой емкости).

Отсутствие в 70-х годах дешевых ЗУ большой емкости побудило к созданию ряда модификаций подструктуры II.1 с $k = 1, r = 0$. Максимально возможное уменьшение емкости T -ступени было предложено японскими специалистами. В этой схеме (рис. 3.11) T -ступени имеют параметры $T: 8 \times 8,8$ и коммутируют одноименные биты кодовых слов всех восьми входящих ИКМ линий. Такое решение позволяет также иметь одно управляющее ЗУ для всех восьми речевых ЗУ T -ступени.

Примем теперь $k = r = 1$. Трехзвенные цифровые КП базовой структуры не получили распространения из-за малой емкости. Большое количество цифровых КП имеют коммутационные подструктуры II.1. В такие цифровые КП можно включать свыше 60 тыс. временных каналных интервалов или, используя концентраторы, свыше 100 тыс. абонентских линий.

Шведская цифровая система коммутации AXE 10 имеет основное цифровое КП (разработчики назвали его групповой ступенью GSS), являющееся трехзвенным КП подструктуры II.1. Групповая ступень GSS строится из двух больших модулей – временной группы TSM и пространственной группы SPM (рис. 3.12). Временная группа TSM включает первую и третью T -ступени поля.

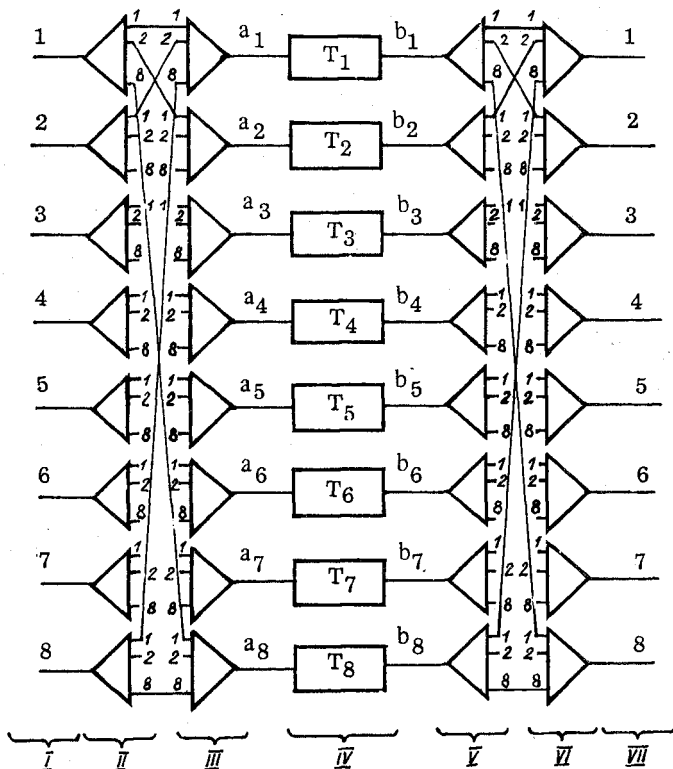


Рис. 3.11. Пример подструктуры II. 1 при $k = 1, r = 0$:

I – входящие ИКМ линии; *II* – первичный демультиплексор; *III* – первичный мультиплексор; *IV* – *T*-ступень коммутации; *V* – вторичный демультиплексор; *VI* – вторичный мультиплексор

Речевые ЗУ SSA и SSB управляются единым управляющим ЗУ CSA/CSB (рис. 3.13). *S*-ступень SPM имеет параметры $32 \times 32,512$. Групповая ступень GSS может иметь емкость на 16 364,32 768,49 152,65 536 временных канальных интервалов.

Процесс установления соединения в таком цифровом КП иллюстрируется рис. 3.14. Входящая *T*-ступень имеет речевое ЗУ SSA, куда подаются кодовые слова входящих ИКМ линий. Цикл ИКМ линий после мультиплексора имеет 512 канальных интервалов, каждый из которых содержит по 8-битовому параллельному кодовому слову. Режим работы входящей *T*-ступени ($\rightarrow \downarrow, \uparrow \rightarrow$). Управление речевым ЗУ входящей *T*-ступени осуществляет ЗУ CSA-0, емкость которого равна 512 адресам (т.е. числу входящих временных канальных интервалов цикла ИКМ линии). Максимальная емкость *S*-ступени $128 \times 128,512$, управление ею производится соответствующими ЗУ CSC. Емкость управляющего ЗУ CSC-*i* составляет 512 адресов. Каждая ячейка CSC содержит адрес точки коммутации коммутационной матрицы *S*-ступени, которая должна быть замкнута в нужный канальный интервал.

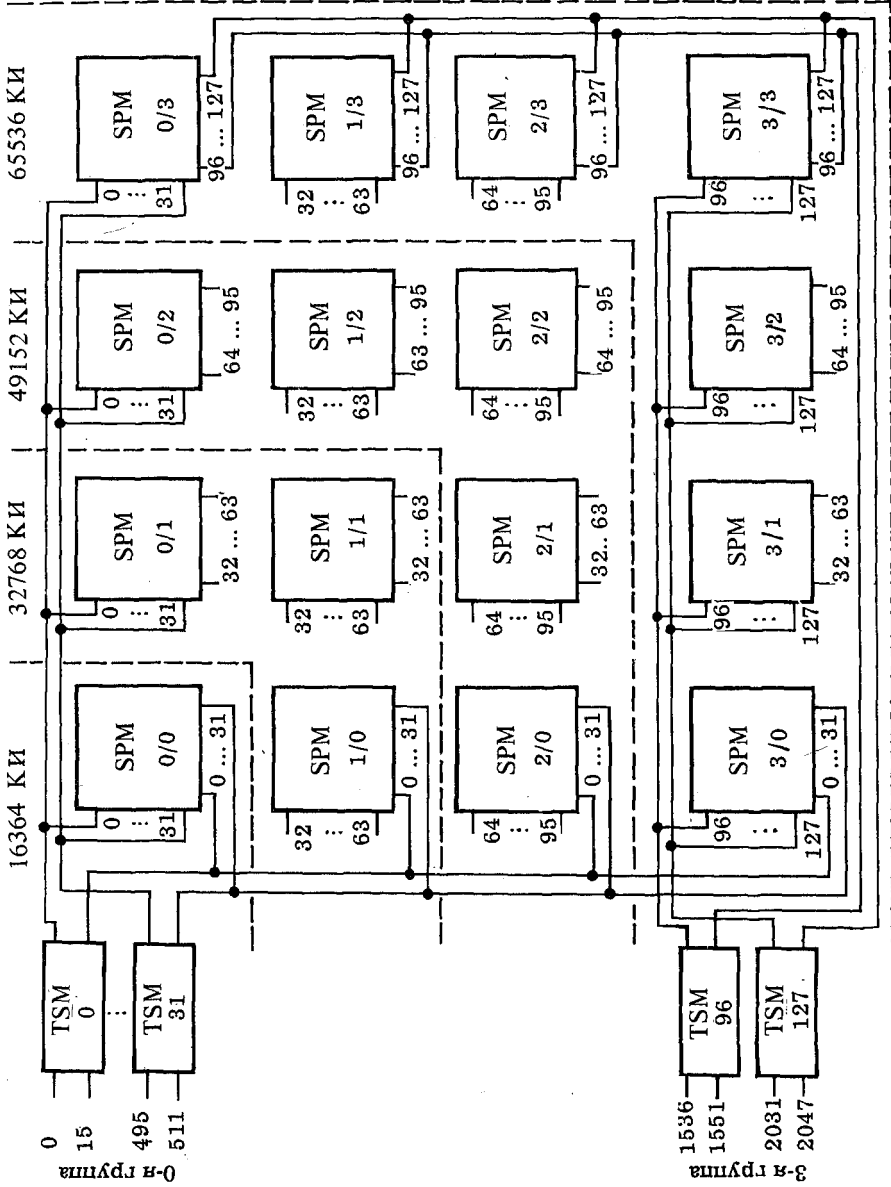
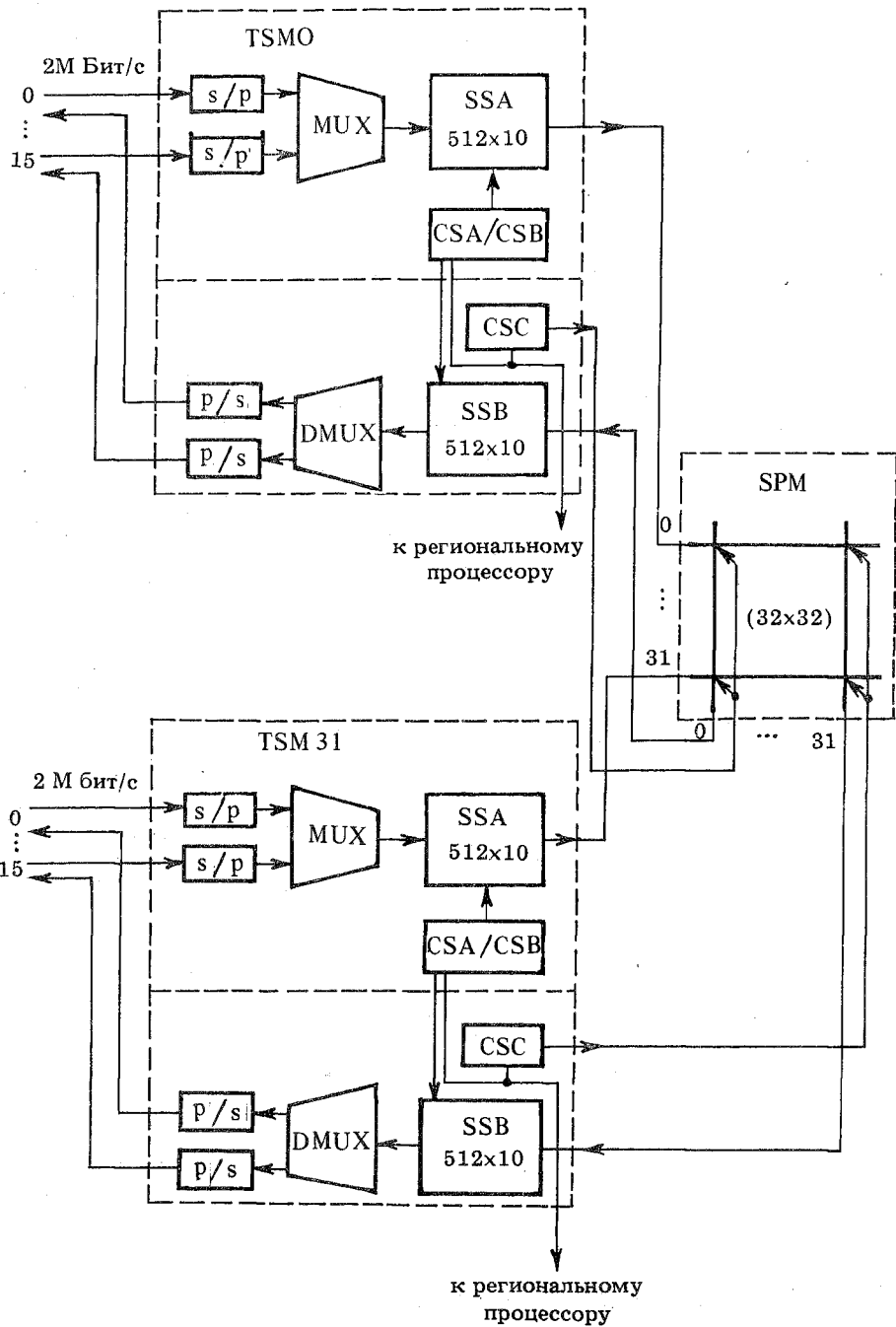


Рис. 3.12. Групповая ступень GSS системы AXE 10



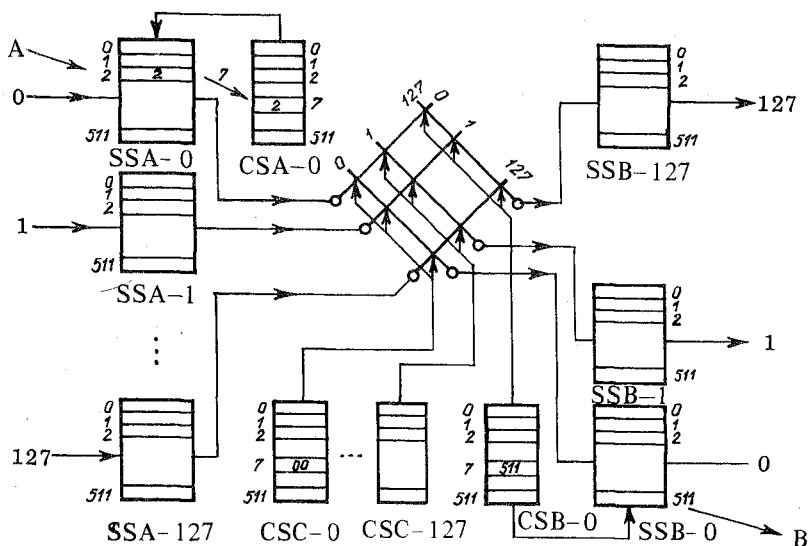


Рис. 3.14. Установление соединения в T-S-T КП AXE 10

Предположим, что соединение должно быть установлено между входом *A* (канальный интервал 2 входящей линии 0) и выходом *B* (канальный интервал 511 исходящей линии 0). В течение канального интервала 2 цикла ИКМ линии кодовое слово входа *A* записывается в ячейку 2 речевого ЗУ SSA-0. Это слово находится там до наступления времени канального интервала 7, который процессор системы избрал для передачи кодового слова *A* в *S*-ступень. Для этой цели в управляющее ЗУ CSA-0 процессор по адресу 7 записывает адрес ячейки 2 речевого ЗУ SSA-0. При наступлении времени канального интервала 7 из управляющего ЗУ считывается адрес 2 произвольного считывания из речевого ЗУ SSA-0. Затем производится считывание кодового слова *A* в промежуточную ИКМ линию между *T*- и *S*-ступенями. Это слово в канальном интервале 7 подается на нулевую входящую горизонталь *S*-ступени. Процессор системы записывает в управляющее ЗУ *S*-ступени CSC-0 информацию о том, что ключ 00 (нулевая горизонталь – нулевая вертикаль) должен быть замкнут в течение канального интервала 7 цикла (адрес 00 в ячейке 7 ЗУ CSC-0).

Для максимальной симметрии в алгоритме поиска соединительного пути в КП выбран режим работы исходящей *T*-ступени ($\rightarrow \updownarrow$, $\rightarrow \downarrow$). Поэтому в управляющем ЗУ CSB-0 в ячейке 7 записан адрес выхода *B* (511). При наступлении времени канального интервала 7 из CSB-0 будет считан адрес 511, и в речевое ЗУ SSB-0 по адресу 511 записано кодовое слово входа *A*. Затем с помощью последовательного считывания кодовое слово *A* передается к абоненту *B*.

Рис. 3.13. Групповая ступень GSS на 16 384 канальных интервала:

s/p, *p/s* – преобразователи последовательного кода в параллельный и наоборот; MUX, DMUX – мультиплексор и демультимплексор; SSA, SSB – речевые ЗУ первого и третьего звеньев; CSA/CSB – объединенное управляющее ЗУ *T*-ступени; CSC – управляющее ЗУ *S*-ступени; TSMO...TSM31 – номера *T*-ступеней; SPM – *S*-ступень.

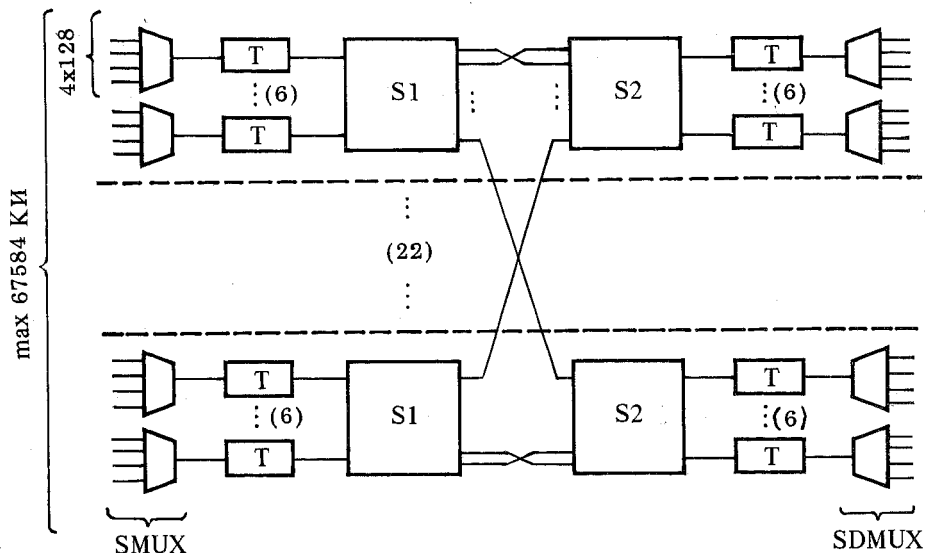


Рис. 3.15. Структура цифрового КП системы NEAX 61 ($T : 512 \times 512$; $S_1 : 6 \times 24$; $S_2 : 24 \times 6$)

Управление КП построено таким образом, что запаздывание сигнала в цифровом КП системы AXE 10 не превышает половины суммы количества канальных интервалов цикла и времени задержки во входящей T -ступени, т.е. для рассматриваемого примера задержка сигнала составляет $(5+512/2) = 261$ канальный интервал.

Внутренние блокировки GSS не превышают 10^{-6} при нагрузке 0,8 Эрл на один вход.

Основное цифровое КП подструктуры II.1 имеют японские системы D 60 ($T : 1024 \times 1024$, $S : 32 \times 32$, емкость поля 32 768 канальных интервалов), D 70 ($T : 1024 \times 1024$, $S : 16 \times 16$, емкость поля 16 384 канальных интервала), FETEX-150 ($T : 1024 \times 1024$, $S : 64 \times 64$, емкость поля 65 536 канальных интервалов), KB 270 ($T : 1024 \times 1024$, $S : 4 \times 4$, емкость поля 4096 временных каналов), южнокорейская система TDX-1 ($T : 1024 \times 1024$, $S : 4 \times 4$, емкость поля 4096 канальных интервалов) и ряд других.

Как видно из этого перечня, увеличение емкости трехзвенного цифрового КП подструктуры II.1 осуществляется в основном увеличением размера S -ступени, что приводит к ряду технических затруднений и повышению стоимости поля. При определенных условиях становится экономически выгодным перейти к структурам КП с большим числом звеньев. При этом из всех возможных вариантов многозвенных цифровых КП подструктуры II.1 на практике используются лишь некоторые, прежде всего КП с $k = 1$, $r = 2$.

Примером может служить цифровое КП японской системы NEAX 61 (рис. 3.15). Оно имеет ярко выраженный модульный характер. В виде модулей оформлены T - и S -ступени. Шесть модулей T -ступеней составляют один сетевой модуль NM . Расширение КП производится такими модулями, число их не превышает 22. Следовательно, максимальная емкость цифрового КП при $T : 512 \times 512$ составит $512 \times 6 \times 22 = 67\,584$ канальных интервала. Сопоставление этой структуры поля с КП системы AXE 10 показывает, что одинаковая с AXE 10 емкость поля получена за счет использования T -ступеней и двух S -ступеней меньшей емкости.

Вероятность блокировки цифрового КП NEAX 61 составляет 10^{-23} при нагрузке 0,7 Эрл на один вход. Цифровое КП максимальной емкости в состоянии пропустить нагрузку 22 000 Эрл.

Дальнейшее увеличение емкости цифрового КП в рамках подструктуры II.1 возможно с помощью большего числа S -ступеней. Примером подструктуры II.1 с $k = 1, r = 4$ является цифровое КП междугородной АТС №4ESS (первая станция введена в строй в 1976 г. в США). Емкость поля — 107 520 канальных интервалов.

Мультиплексор на входе КП №4ESS осуществляет объединение в линию ИКМ-120 пяти линий ИКМ-24 или десяти ИКМ-12. 120 канальных интервалов используются для передачи речевых сигналов, а 8 — для управления и техобслуживания. Буферная память служит в КП №4ESS для синхронизации входящих ИКМ потоков, которые могут приходиться от разных источников с различными запаздываниями. С выхода буферов синхронизированные цифровые потоки подаются на декоррелятор, имеющий 7 входов и 8 выходов. Декоррелятор обеспечивает функции распределения и расширения. Он распределяет нагрузки семи внутренних линий ИКМ-120 на восемь линий ИКМ-120, что уменьшает вероятность внутренних блокировок. При этом используются максимально 107 канальных интервалов в каждой из восьми линий ИКМ-120. Кроме того, декоррелятор позволяет равномернее распределить нагрузку по внутренним ИКМ линиям КП. Структурные параметры T - и S -ступеней цифрового КП №4ESS приведены на рис. 3.16. Цифровое КП №4ESS может пропустить нагрузку 47 000 Эрл при норме потерь 0,005 и менее.

В многозвенных цифровых КП, построенных из обычных модулей T - и S -ступеней, при увеличении их числа возникает проблема монтажа. Дальнейшее развитие многозвенных цифровых КП в конце 70-х — начале 80-х гг. шло по пути использования S/T -ступеней.

3.3.4. Цифровые КП третьего класса

Структуры третьего класса, появившиеся в конце 70-х гг., являются в известной степени универсальными, так как позволяют однотипно строить системы коммутации для всего диапазона емкостей: малой, средней и большой.

Проиллюстрируем сказанное на примере построения цифровой коммутационной подсистемы DSS (название, применяемое в документации) системы System X (Великобритания) (рис. 3.17).

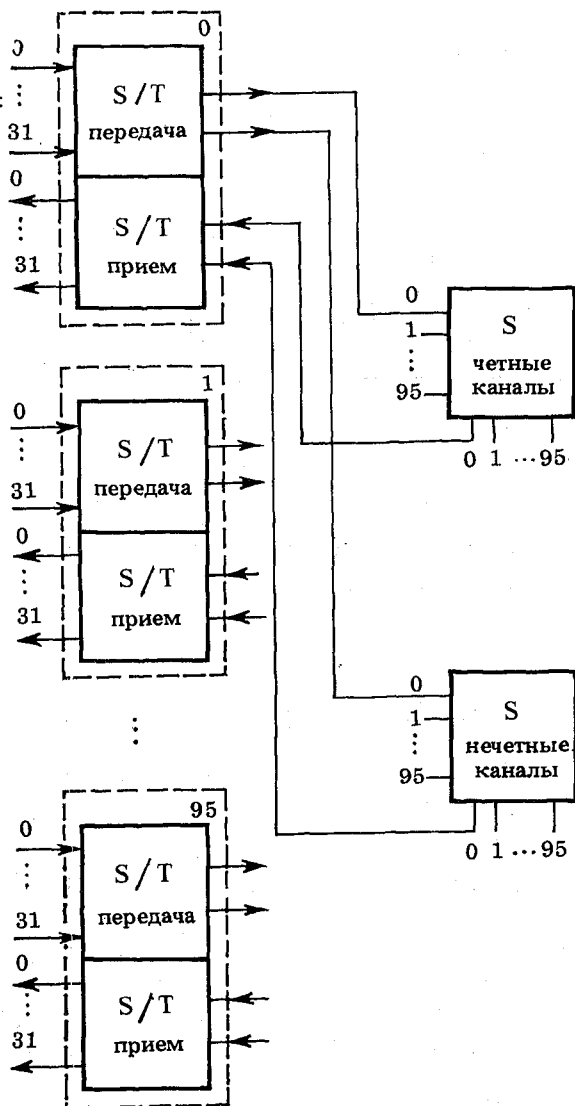
Для уменьшения быстройдействия логических элементов S -ступени и устранения межсимвольной интерференции эта ступень разделена на две матрицы: для четных временных канальных интервалов циклов и нечетных.

Возможны следующие градации емкости цифрового коммутационного поля подсистемы DSS : 32 768 канальных интервалов — S : 32×32 , 32 приемопередающих S/T -модулей; 65 536 канальных интервалов — S : 64×64 , 64 приемопередающих S/T -модулей; 98 304 канальных интервалов — S : 96×96 , 96 приемопередающих S/T -модулей. Цифровое КП подсистемы DSS максимальной емкости в состоянии пропустить нагрузку 20 000 Эрл.

Цифровое КП подсистемы DSS для станций малой и средней емкости имеет несколько иное построение. Приемопередающие S/T -модули те же, что и на станциях большой емкости. Эти модули соединяются между собой кабелями (по сути дела это цифровое КП имеет структуру $(S/T) \times 2$).

Цифровое КП французской системы MT-20/25 средней и большой емкости строится по структуре $S/T-S-S-S/T$, причем поле состоит из двух одинаковых плоскостей. Структура одной из плоскостей показана на рис. 3.18. S/T -ступени (S/T : $(32/32) \times (16/64)$) объединены в блоки временной комму-

Рис. 3.17. Цифровое КП системы System X максимальной емкости (S/T -передача: $(32/32) \times (2/512)$, S/T -прием: $(2/512) \times (32/32)$; $S_{\text{нечет}}$: 96×96 ; $S_{\text{чет}}$: 96×96)



тации (БВК) емкостью $32 \times 32 \times 16 = 16384$ канальных интервала. Максимальное число таких БВК равно четырем, отсюда максимальная емкость поля составляет $16384 \times 4 = 65536$ канальных интервалов. S -ступени объединены в блоки пространственной коммутации (БПК), число которых для поля максимальной емкости равно восьми. В состав БПК входят S -ступени с параметрами S : 8×16 , S : 16×8 .

При установлении соединения через КП системы МТ-20/25 случайным образом выбирается одна из плоскостей. При рабочем состоянии обеих плоскостей вероятность блокировки составляет менее 10^{-20} при нагрузке 0,7 Эрл на

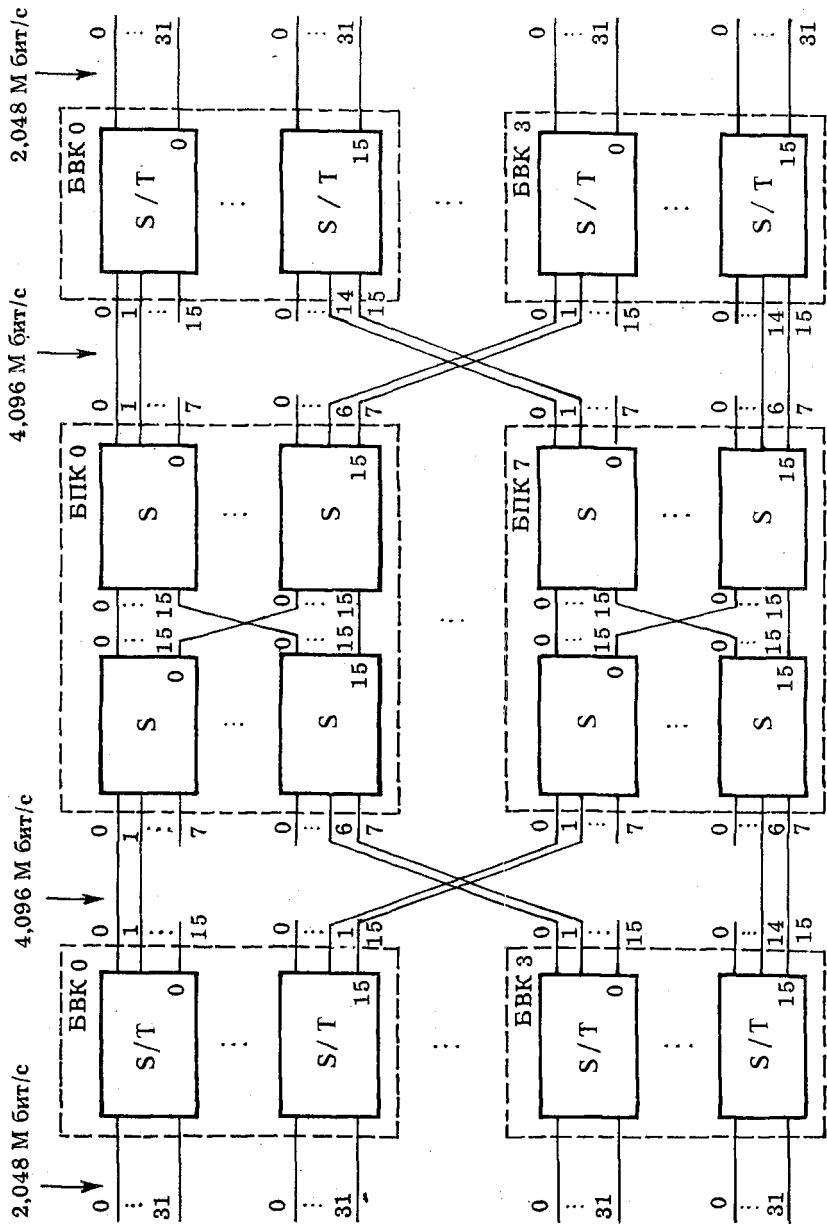
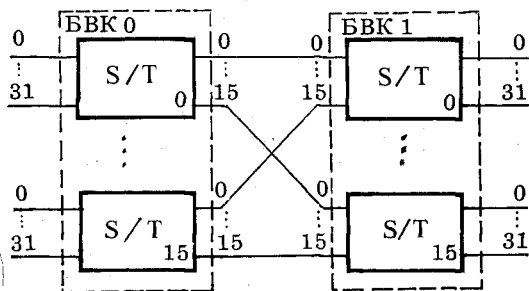


Рис. 3.18. Цифровое КП системы МТ-20/25 емкостью 65 536 канальных интервалов

Рис. 3.19. Цифровое КП системы МТ-20/25 емкостью до 16 384 канальных интервала



один вход. Если одна из плоскостей находится в нерабочем состоянии, вероятность блокировки возрастает до 10^{-5} при той же нагрузке на вход. Цифровое КП системы МТ-20/25 максимальной емкости пропускает нагрузку 10 000 Эрл.

Если цифровое КП системы МТ-20/25 имеет емкость 16 384 канальных интервала и меньше, поле строится без использования S -ступеней БПК. В этом случае ББК соединяются между собой непосредственно (рис. 3.19). При этом, как и для System X, это поле относится к четвертому классу ($S/T \times 2$).

Цифровые КП третьего класса используются в западногерманской системе ESWD (для станции большой емкости $S/T-S_1-S_2-S_3-S/T$; $S/T : (4/128) \times (4/128)$, $S_1 : 8 \times 16$, $S_2 : 16 \times 16$, $S_3 : 16 \times 8$; для станций средней емкости $S/T-S-S/T$; $S/T : (4/128) \times (4/128)$, $S : 16 \times 16$), в экспериментальной АТС DTS-11 (Япония) ($S/T-S-S/T$; $S/T : (2/1024) \times (4/1024)$, $S : 16 \times 16$) и в ряде других систем.

Рассмотренные примеры показывают, что для систем третьего класса с полями малой и средней емкости удавалось строить структуры, относящиеся к четвертому классу. Так как эти поля создавались обычно на универсальных схемах средней степени интеграции (СИС), то не удавалось получить цифровые КП большой емкости, состоящие только из S/T -ступеней. Положение изменилось с созданием специализированных БИС, функционально реализующих S/T -ступень достаточно большой емкости.

3.3.5. Цифровые КП четвертого класса

Структуры четвертого класса цифровых КП находят все более широкое применение благодаря удобствам увеличения емкости поля путем простого добавления S/T -ступеней.

Рассмотрим цифровые КП ЭАТС 220 и ЭАТС 210, которые внедряются на городских телефонных сетях Белоруссии.

Цифровое КП SWI используется в ЭАТС 210 для установления внутристанционных, исходящих и входящих соединений. КП строится из одинаковых модулей SWM (см. п. 2.4.2) с параметрами $S/T : (32/32) \times (32/32)$. SWI имеет следующие структурные параметры: $(N/C_1) \times (M/C_2) = (32/32) \times (32/32)$; $(64/32) \times (64/32)$; $(96/32) \times (96/32)$, где N, M — количество входящих и исходящих ИКМ линий с $C_1 = C_2 = 32$ канальными интервалами соответственно.

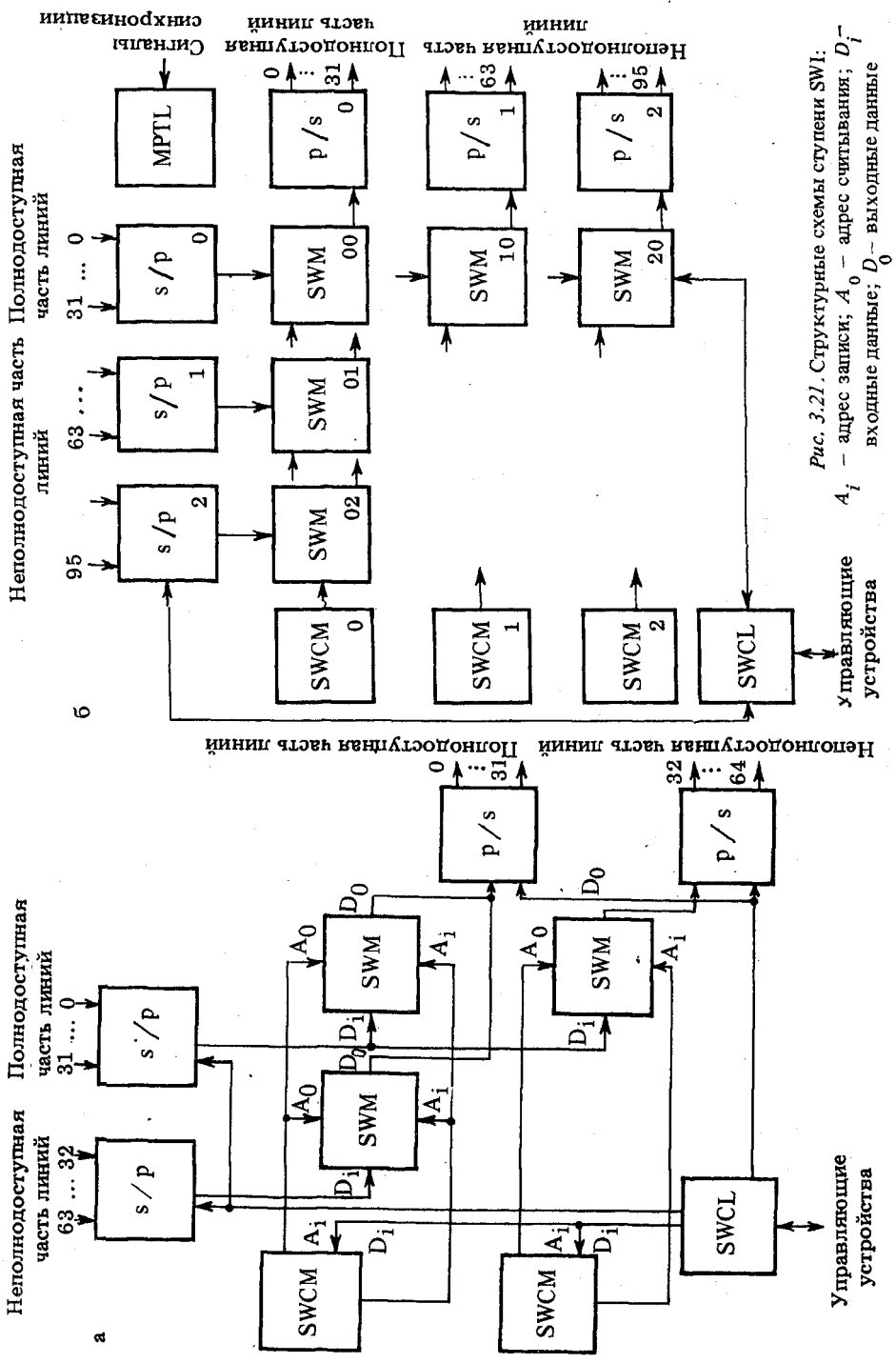


Рис. 3.21. Структурные схемы ступени SW1:
 A_i - адрес записи; A_0 - адрес считывания; D_i -
 входные данные; D_0 - выходные данные

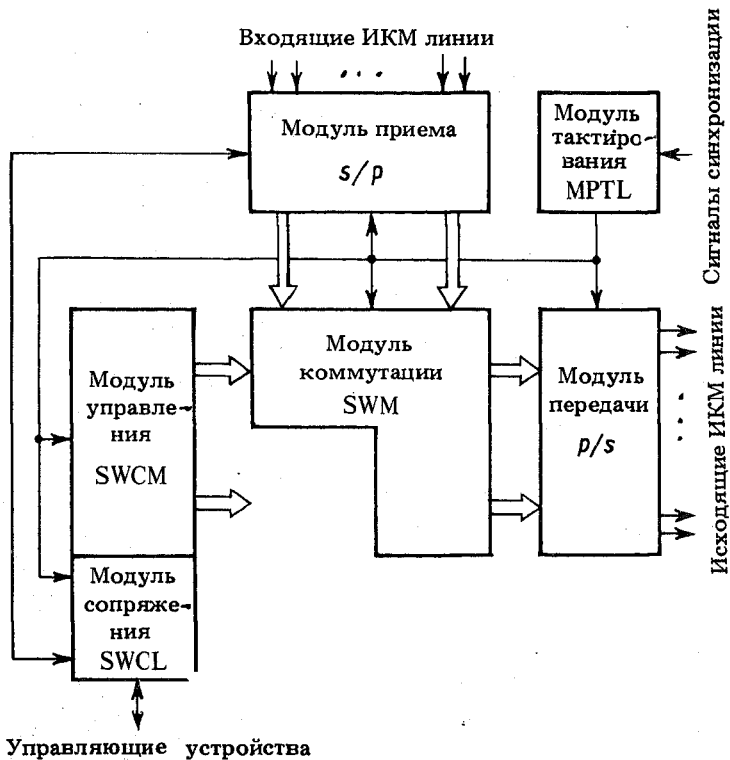


Рис. 3.20. Функциональная схема КП SWI ЭАТС 210

Функционально цифровое КП ступени SWI разбивается на шесть модулей (рис. 3.20).

Структурные схемы SWI с параметрами $(64/32) \times (64/32)$ и $(96/32) \times (96/32)$ показаны на рис. 3.21, а и б.

Цифровая коммутационная система SWI с параметрами $(32/32) \times (32/32)$ является полнодоступной. Две другие модификации SWI можно разделить на две части: неполнодоступную, к которой подключены абонентские модули SUB, и полнодоступную, к которой подключаются соединительные линии, блоки синхронизации, генератор тональных сигналов и т. д.

Особенность системы SWI состоит в том, что все соединения должны проходить через полнодоступную часть КП. С этой целью для осуществления внутростанционного соединения предусмотрены внутростанционные промежуточные линии (рис. 3.22).

Схематично цифровое КП ЭАТС 210 можно представить следующим образом: для внутростанционного соединения — $(S/T) \times 2$; для исходящего (входящего) соединения — S/T .

Цифровое КП ЭАТС 220 состоит из абонентской SSW и групповой GSW ступеней коммутации (названия SSW и GSW даны разработчиками ЭАТС 220).

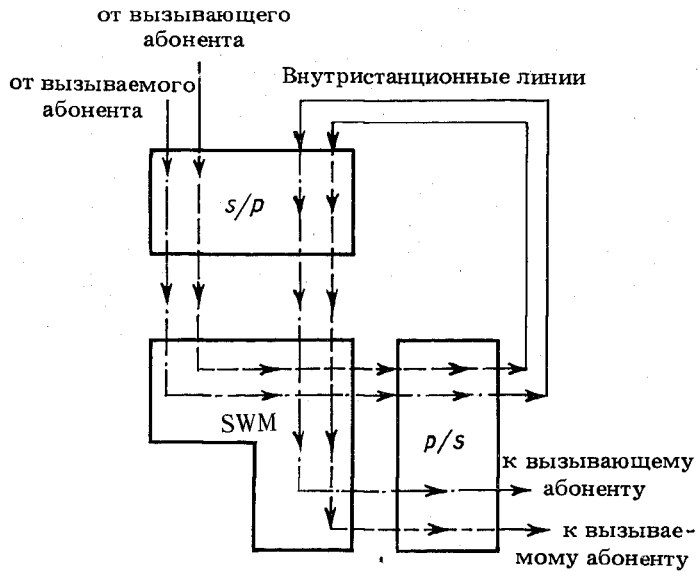


Рис. 3.22. Общая схема установления внутристанционного соединения в ЭАТС 21

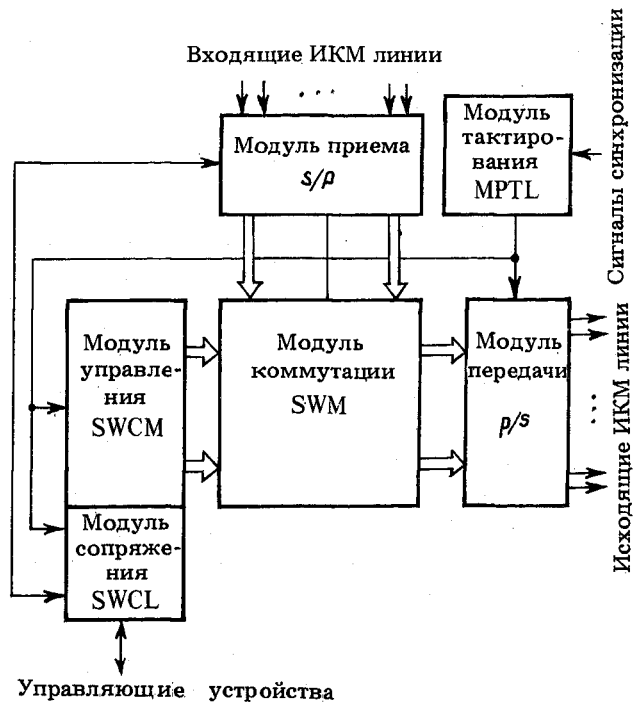


Рис. 3.23. Функциональная схема ступени GSW

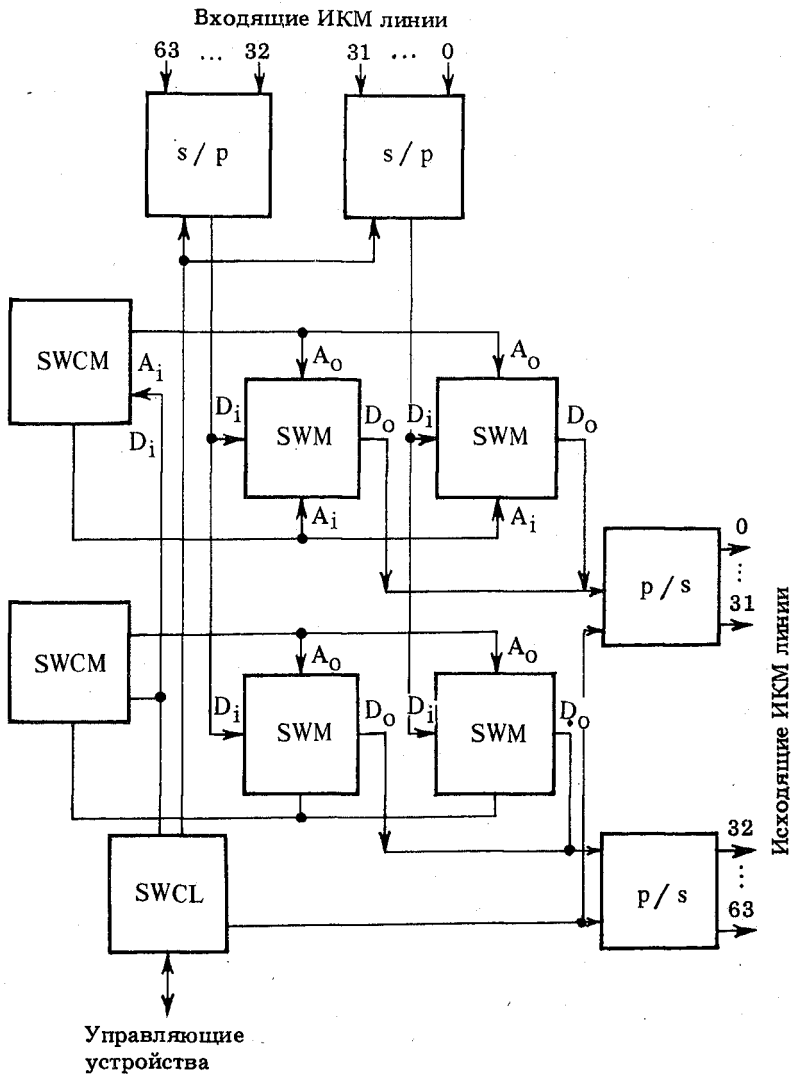


Рис. 3.24. Структурная схема ступени GSW емкостью 64×32 ИКМ линий:
 A_o – адрес считывания; A_i – адрес записи; D_i – входные данные; D_o – выходные данные

Функциональная и структурная схемы SSW почти аналогичны схемам SWI ЭАТС 210: здесь также все соединения должны устанавливаться через полностью доступную часть SSW (единственное отличие состоит в том, что в полностью доступную часть схемы SSW включаются промежуточные линии к групповой ступени коммутации, блок управления абонентской ступенью коммутации и устройства конференц-связи).

Табл. 3.1. Структурные параметры ступени GSW

Параметры	Число входящих/исходящих канальных интервалов
$(32/32) \times (32/32)$	1024×1024
$(64/32) \times (64/32)$	2048×2048
$(96/32) \times (96/32)$	3072×3072
$(128/32) \times (128/32)$	4096×4096
$(160/32) \times (160/32)$	5120×5120
$(192/32) \times (192/32)$	6144×6144
$(224/32) \times (224/32)$	7168×7168
$(256/32) \times (256/32)$	8192×8192

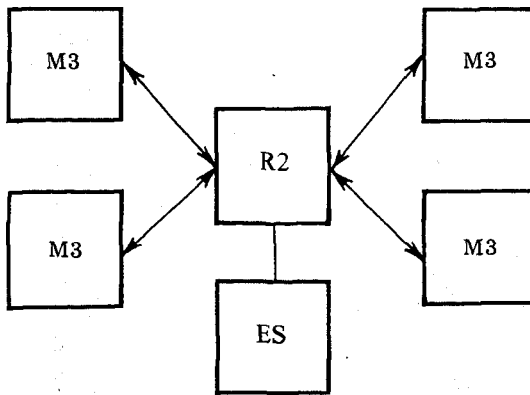


Рис. 3.25. Общая схема станции PROTEL UT:

M3 – периферийный коммутационный модуль; R2 – соединительная структура; ES – модуль техобслуживания

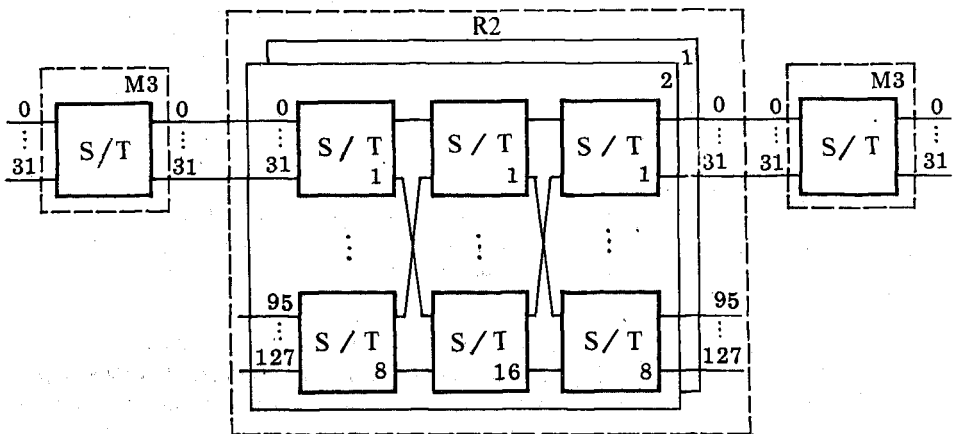


Рис. 3.26. Цифровое КП транзитной станции системы PROTEL UT

Функциональная схема групповой ступени коммутации показана на рис. 3.23. Модуль коммутации ступени GSW строится из одинаковых модулей SWM емкостью $(32/32) \times (32/32)$. Он построен по полноступенчатой схеме, и поэтому отсутствуют внутрисканционные промежуточные линии.

Структурная схема ступени GSW, имеющая параметры $(32/32) \times (32/32)$, полностью совпадает со схемой платы SWM. Структурная схема ступени GSW с параметрами $(64/32) \times (64/32)$ приведена на рис. 3.24.

Для построения групповых ступеней GSW разработаны два типа плат, с помощью которых можно получить восемь типов GSW (табл. 3.1).

Цифровые КП ЭАТС 220 и ЭАТС 210 построены с использованием универсальных СИС. Трудности межплатного монтажа и синхронизации, значительные величины времени задержки сигналов в платах не позволяют строить поля большой емкости.

Большие перспективы открылись при создании специализированных БИС, реализующих функцию S/T -ступеней. В качестве примера рассмотрим цифровое КП транзитной АТС большой емкости системы PROTEL UT, общая схема которой приведена на рис. 3.25.

Цифровые КП M3 и R2 построены на элементах ЕС1 (см. п. 2.4.2). Общая схема цифрового КП транзитной АТС семейства UT имеет вид $(S/T) \times 5$ (рис. 3.26). Использование БИС элементов ЕС1 позволило упростить монтаж КП и увеличить его емкость за счет многозвенности с соблюдением необходимых временных задержек сигнала в КП.

3.3.6. Допустимое запаздывание сигнала в многозвенных цифровых КП

Процесс коммутации в многозвенных цифровых КП предполагает задержки сигналов, которые на цифровых станциях могут быть довольно значительными. Это вызывает необходимость применения эхоподавляющих устройств. Задержки передачи сигналов в цифровых телефонных станциях должны быть сведены к возможному минимуму. Значения времени задержки передачи сигналов в обоих направлениях для международной и транзитной национальной цифровых телефонных станций, коммутирующих разные типы цепей, даны в табл. 3.2.

Вопрос о допустимом времени задержки передачи для местных цифровых телефонных станций пока еще не решен и изучается в рамках МККТТ.

Нормирование времени задержки цифрового сигнала на цифровых коммутационных станциях приводит к необходимости ограничения числа звеньев в их КП.

Табл. 3.2. Задержки сигналов в цифровых телефонных станциях

Тип коммутируемой цепи	Время задержки, мкс	
	среднее (не более)	предельное (с вероятностью 0,95)
Цифровая—цифровая	900	1500
Цифровая—аналоговая	1500	2100

3.4. ЦИФРОВЫЕ КП КОЛЬЦЕВОЙ СТРУКТУРЫ

Кольцевые структуры находят применение в ряде областей связи. Прежде всего это *кольцевые системы* передачи с временным группообразованием. По существу кольцевая система передачи с временным группообразованием имеет конфигурацию последовательно соединенных однонаправленных линий, образующих замкнутую цепь, или кольцо (рис. 3.27). В каждом узле сети реализуются две основные функции: 1) каждый узел работает как регенератор, чтобы восстановить входящий цифровой сигнал и передать его заново; 2) в узлах сети опознается структура цикла временного группообразования и осуществляется связь по кольцу посредством удаления и ввода цифрового сигнала в определенных канальных интервалах, приписанных к каждому узлу.

Как следует из рис. 3.27, с помощью единственного канала между любыми двумя узлами может быть установлено дуплексное соединение.

Возможность перераспределения канальных интервалов между произвольными парами узлов в кольцевой системе с временным группообразованием означает, что кольцо является распределенной системой передачи и коммутации. Коммутационные возможности реализуются почти как побочный продукт с временным группообразованием.

Идея одновременности передачи и коммутации в кольцевых структурах была распространена на цифровые КП.

Кольцевое КП, показанное на рис. 3.28, отличается простотой функционирования и реализации. Кольцевую структуру для передачи информации образуют передающая T_x и приемная R_x шины вместе с устройством задержки. Передача и прием кодовых слов осуществляются с помощью ключей, включаемых сигналами s_1, s_2, \dots, s_N стробирующего генератора. Последний управляется микропроцессором, который рассчитывает необходимые временные канальные интервалы для каждого соединения. Информация автоматически "вращается" внутри кольца.

Для осуществления коммутации в такой схеме необходимо лишь задержать цифровой сигнал на время, равное половине длительности цикла. Это иллюстрирует табл. 3.3.

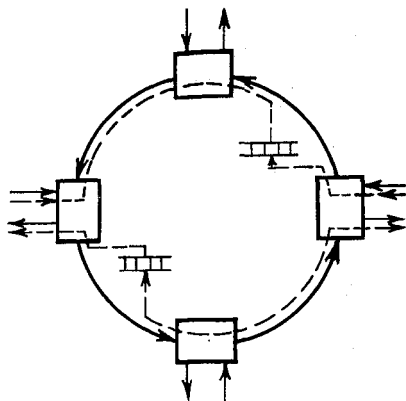


Рис. 3.27. Кольцевая система передачи

Табл. 3.3. Пример коммутации в кольце

Канальный интервал в цикле	0	...	5	...	21	...	31	0	...	5	...
Управляемый ключ (номер линии)			3		10					3	
Сигнал стробирующего генератора для подключения к шине			s_3		s_0					s_3	
					s_3					s_{10}	

Информация (кодовое слово) из линии 3 должна быть передана в линию 10 и наоборот. Микропроцессор нашел свободный 5-й канальный интервал и занял его для линии 3. В целях осуществления коммутации для линии 10 должен быть занят 21-й ($3+1/2$ цикла = $3+32/2=21$) канальный интервал в цикле. Пройдя по кольцу, кодовое слово из линии 3 будет передано в линию 10 включением соответствующего ключа. Теперь необходимо передать кодовое слово из линии 10 в линию 3. Для этой цели после считывания линией 10 (или одновременно со считыванием) кодового слова из 21-го канального интервала туда же будет записано кодовое слово, предназначенное для линии 3. Задержка в кольце приведет к тому, что эта информация попадет в 5-й ($21+16 = 37 = 32 + 5 = 5$) канальный интервал следующего цикла. Таким образом, для коммутации линий 3 и 10 требуются 5-й и 21-й канальные интервалы циклов.

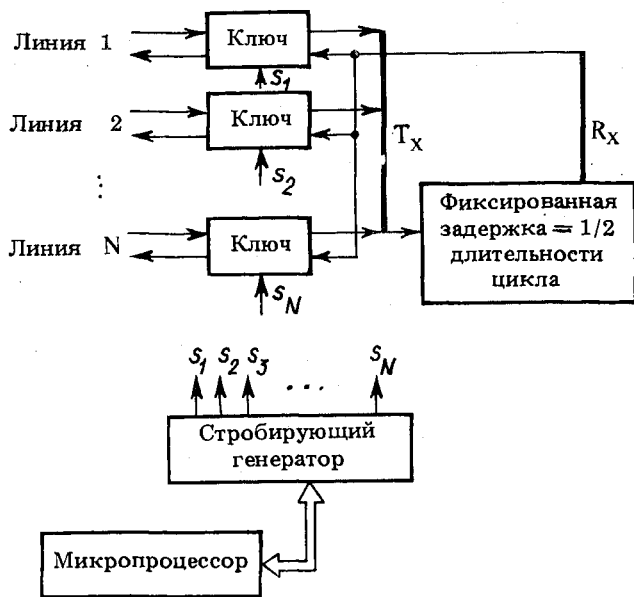


Рис. 3.28. Кольцевое КП с задержкой на полпериода

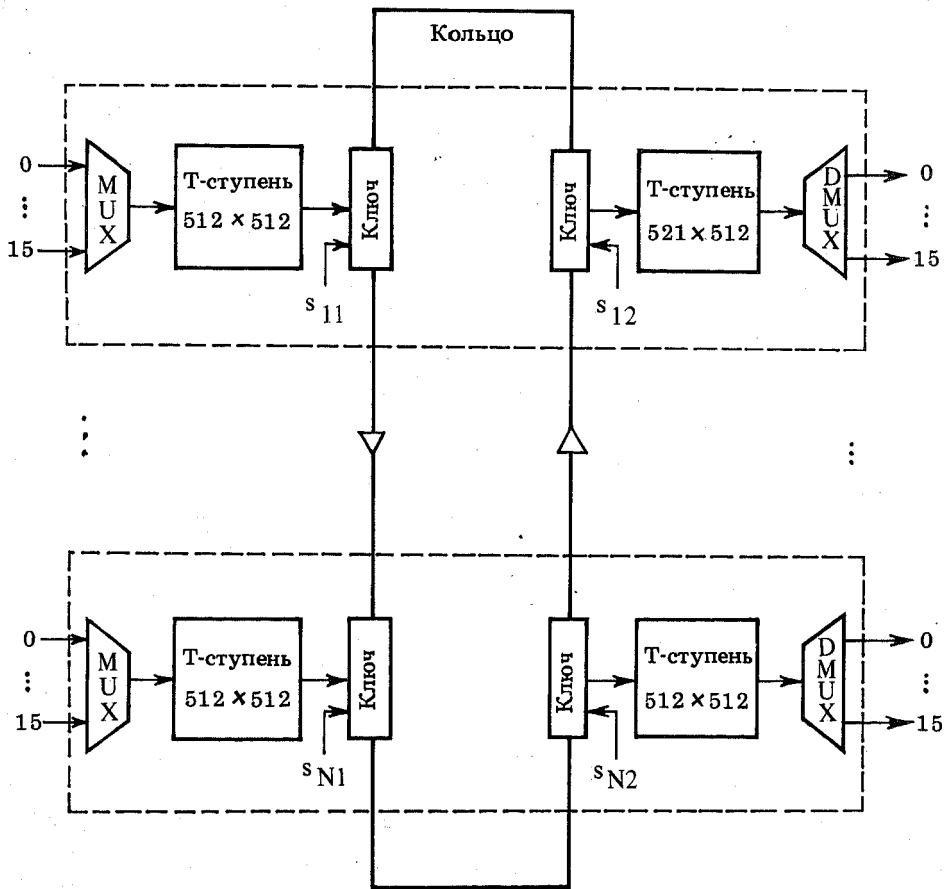


Рис. 3.29. Кольцевое КП с Т-ступенями:

MUX – мультиплексор; DMUX – демльтиплексор; $s_{11}, s_{12}, \dots, s_{N1}, s_{N2}$ – стробирующие сигналы

Это решение характеризуется жесткой зависимостью между выбираемыми для передачи информации канальными интервалами в цикле.

Отсутствием такой жесткой зависимости отличается цифровое КП, упрощенная схема которого показана на рис. 3.29. Использование Т-ступеней в коммутационных модулях позволяет записывать и считывать информацию в любом временном канальном интервале цикла.

Кольцевые КП рассмотренного типа обладают двумя существенными недостатками: 1) в случае разрыва кольца вся система коммутации выходит из строя, поэтому необходимо дублировать кольцо; 2) увеличение скорости передачи информации по кольцу прямо пропорционально числу временных канальных интервалов коммутационного модуля и цикла в кольце (очевидно, что информация, передаваемая по кольцу, должна делать оборот за 125 мкс, поэтому увеличение числа канальных интервалов в цикле приведет к росту

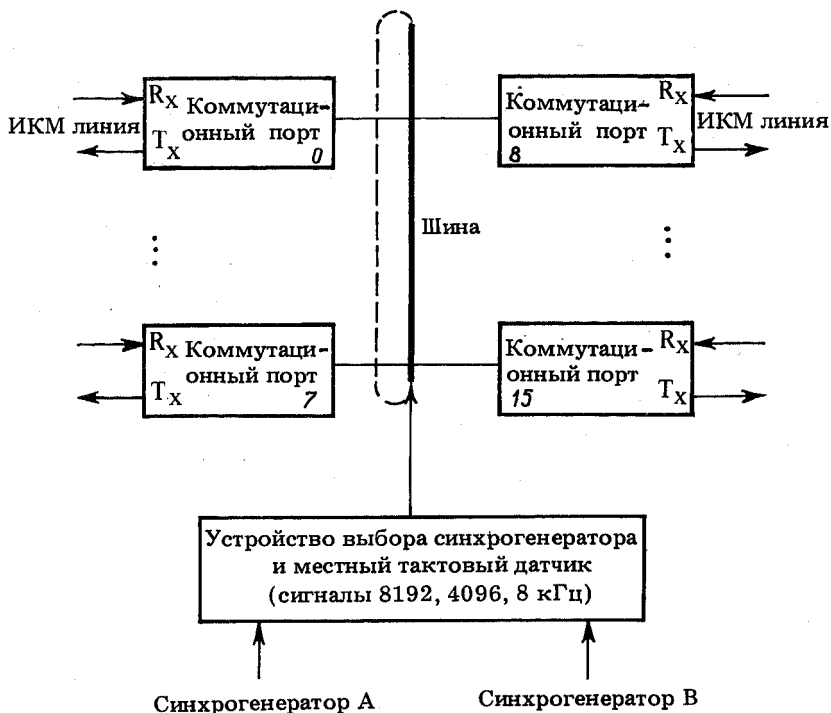


Рис. 3.30. Структурная схема ЦКЭ системы ИТТ 1240

скорости передачи). При емкости поля 512 канальных интервалов емкость станции на таком кольце составит около 2000 абонентов (при концентрации 4:1 в концентраторах).

Указанные выше решения кольцевых КП являются, по признанию их авторов, упрощением более сложного цифрового КП кольцевого типа системы ИТТ 1240. Цифровое КП этой системы является многозвенным, причем каждое его звено состоит из кольцевых цифровых коммутационных элементов.

Цифровой коммутационный элемент (ЦКЭ) системы ИТТ 1240 представляет собой кольцевую 39-линейную параллельную шину с 16 коммутационными портами (рис. 3.30).

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

Отметим характерные особенности ЦКЭ:

1) управляющая информация передается совместно с речевым сигналом (поэтому кодовое слово состоит из 16 бит: 8 бит речевого сигнала + 8 бит управления). Это второй способ передачи управляющей информации (она передается вместе с речевой информацией в одном кодовом слове);

2) шина ЦКЭ синхронизирована по частоте, но не по фазе, что исключает ограничение на длину линии ИКМ. Однако на входе ЦКЭ синхронизация осу-

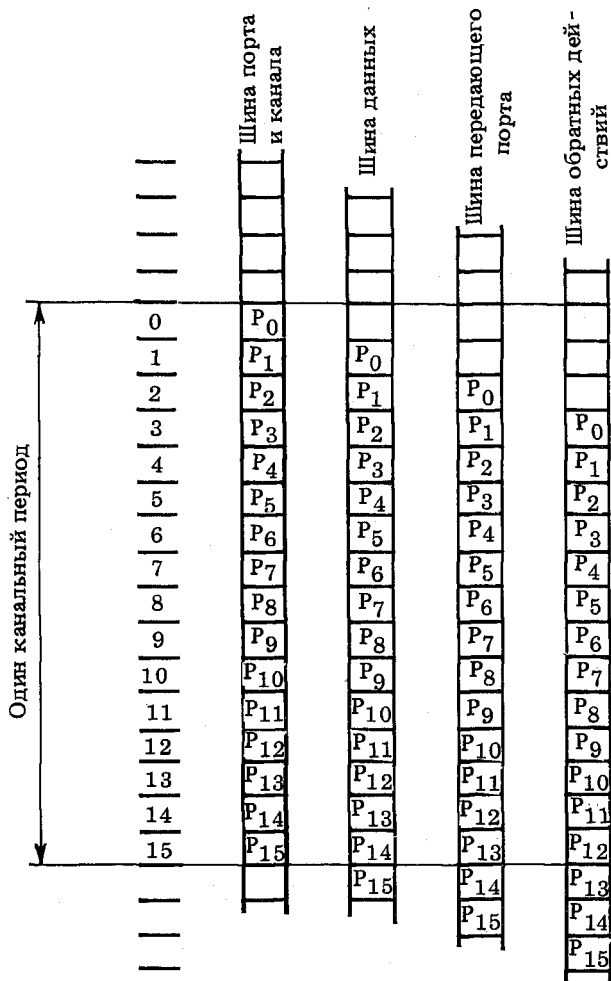


Рис. 3.31. Параллельное соединение 16 портов ЦКЭ по кольцевой шине

ществляется по частоте и по фазе. Каждый ЦКЭ выбирает одну из двух стандартных частот синхрогенераторов *A* или *B* (8192 кГц) и генерирует местные тактовые импульсы для работы внутренней шины и исходящих ИКМ линий;

3) отсутствует общий механизм или процессор для управления ЦКЭ. Порты получают управляющее слово от управляющего устройства оконечного модуля (ОМ) (во входы ОМ включаются терминалы, на выходе – ИКМ-30 с 16-битовым словом; ОМ функцию коммутации не осуществляет). ЦКЭ управляется коммутационными портами, работающими совместно по кольцевой шине с временным разделением каналов (рис. 3.31). Порты устанавливают соединение независимо друг от друга, подобно тому как выполняется соединение в декадно-шаговых АТС.

Структура многозвенного КП системы ИТТ 1240 представлена на рис. 3.32.

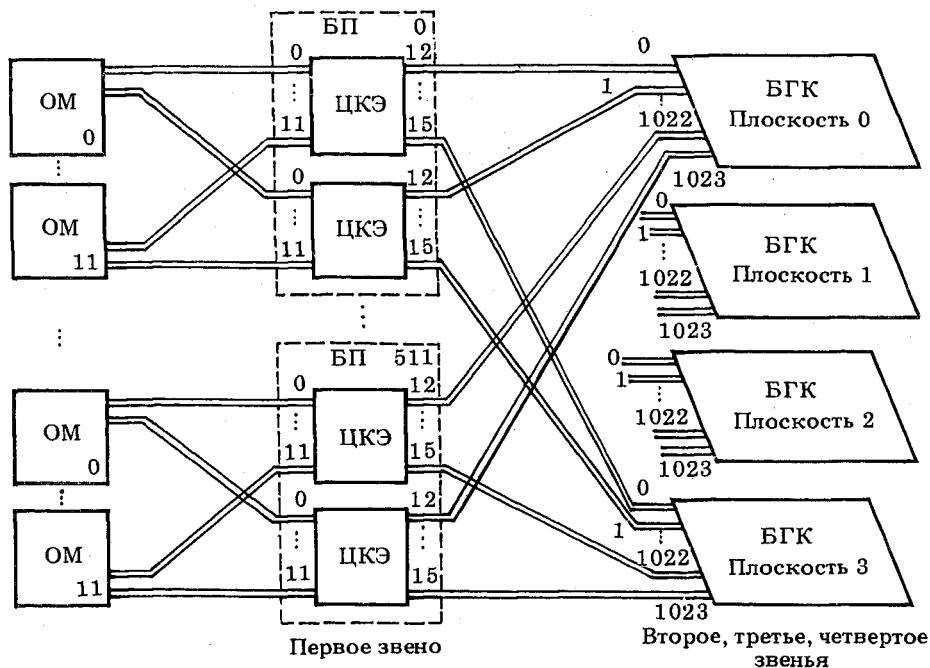


Рис. 3.32. Общее построение цифрового КП системы ИТТ 1240

Каждое звено этого поля образуют кольцевые ЦКЭ. Как видно из рисунка, цифровое КП состоит из блоков подключения (БП) и блока групповой коммутации (БГК).

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

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

12 портов ЦКЭ могут быть использованы для подключения ОМ, а 4 порта служат для подключения к БГК. Каждый ЦКЭ соединяется парой ИКМ линий (линия на передачу и линия на прием) с каждой плоскостью БГК. При максимальной емкости цифрового КП имеются 512 БП и 4 плоскости с тремя звеньями коммутации. Структура БГК показана на рис. 3.33.

Цифровое КП ИТТ 1240 обеспечивает возможность получения нескольких градаций емкости за счет добавления одного или нескольких ЦКЭ. Способ расширения цифрового КП показан на рис. 3.34. Как видно из рисунка, поле минимальной конфигурации содержит один БП без БГК (на рис. 3.34 такая конфигурация обозначена буквой А). В этом случае для подключения ОМ можно использовать 12 портов каждого ЦКЭ, а 4 порта остаются не задействованными.

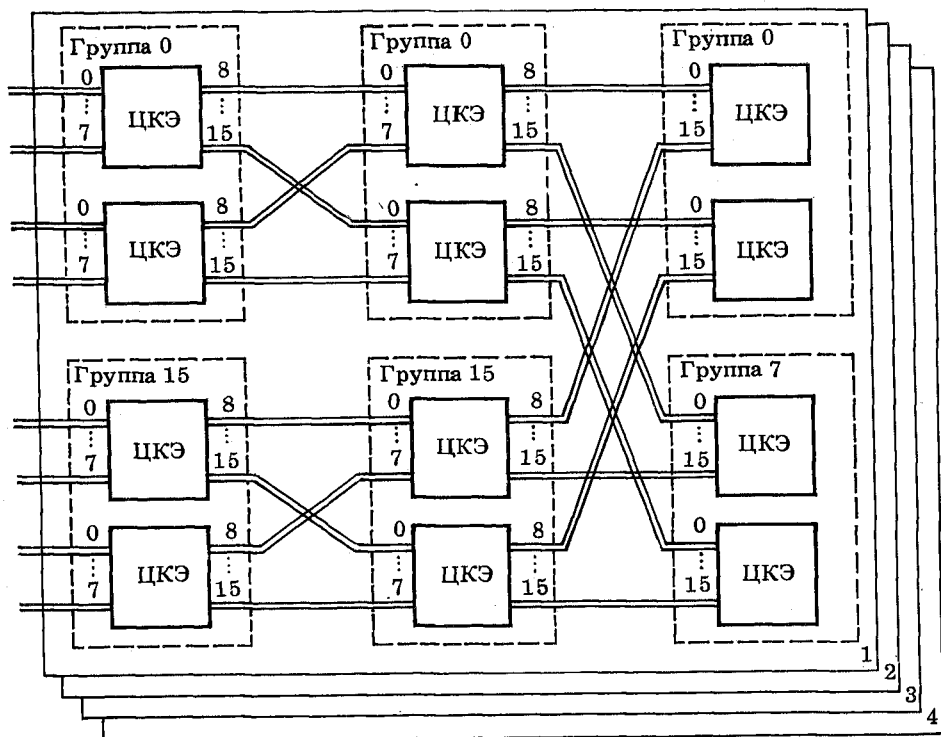


Рис. 3.33. Структурная схема БГК

ми и предназначены для будущего расширения поля. Конфигурация поля *A* позволяет построить АТС с семью ОМ абонентских линий (в каждый модуль включаются 60 абонентских линий) и одним ОМ соединительных линий на 30 линий (4 оставшихся порта используются для подключения вспомогательных управляющих устройств и других цепей).

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

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

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

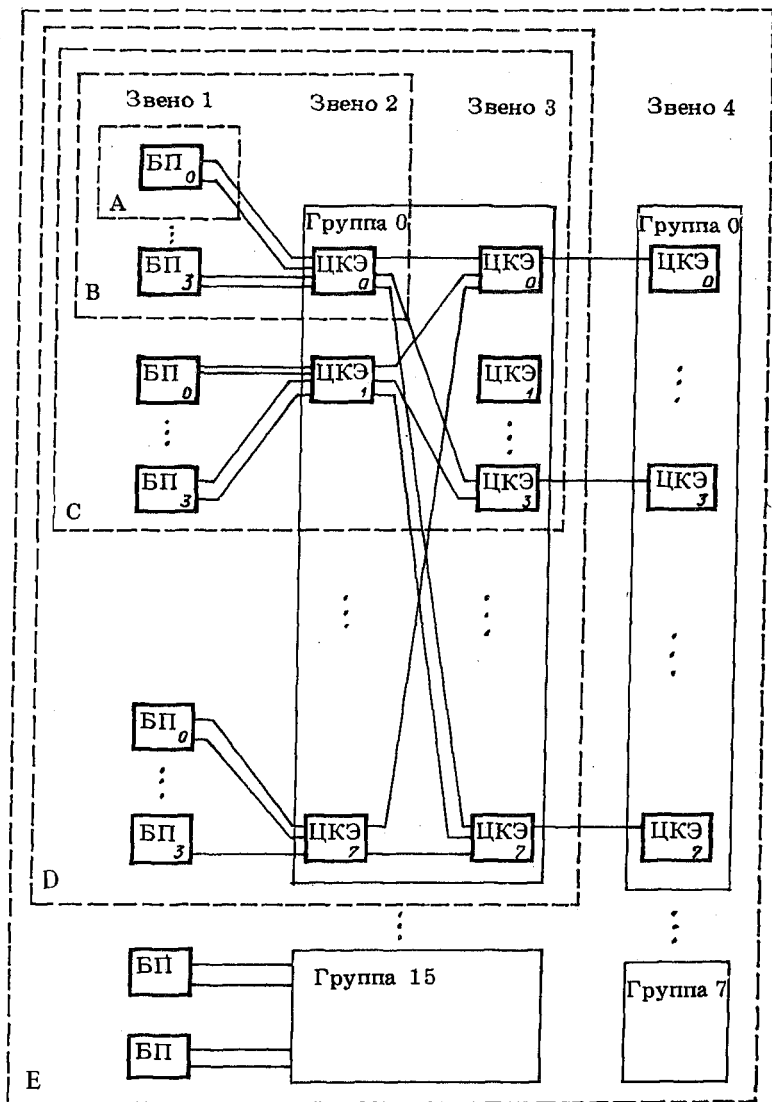


Рис. 3.34. Расширение цифрового КП ИТТ 1240

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

Вернемся к ЦКЭ. Слово в каждой ИКМ линии содержит управляющую информацию (2 протокольных бита) плюс кодовые слова, данные или другая управляющая информация в остальных 14 битах (рис. 3.35). Два протоколь-

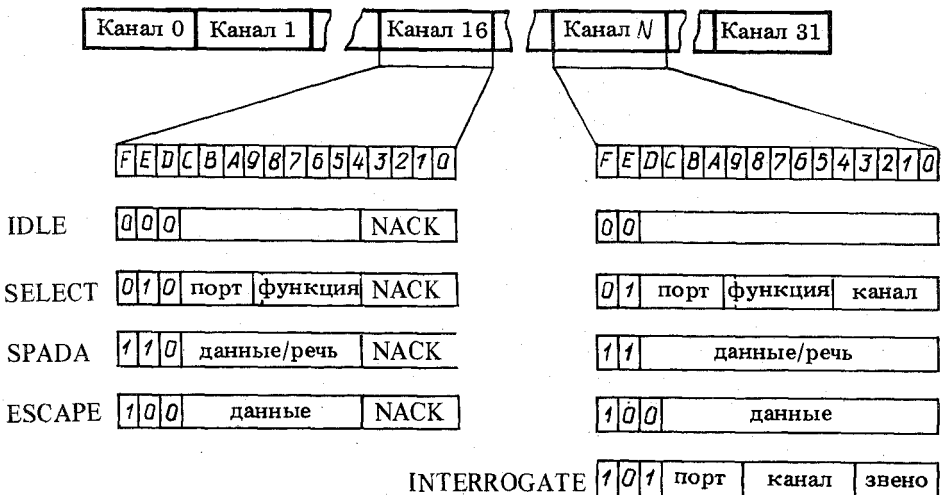


Рис. 3.35. Форматы команд и речевых сигналов

ных бита определяют четыре основных формата: IDLE (свободно), SELECT (выбор), SPADA (речь/данные) и ESCAPE/INTERROGATE (используется для связи между процессорами). Эти форматы передаются в канальных интервалах 1...15 и 17...31.

Управляющие биты в канальном интервале несколько иные — в бите *D* ставится 0, а в битах 4...0 заносится информация отрицательного подтверждения (NACK).

Канальный интервал 0 используется для синхронизации и техобслуживания.

Сообщения в форматах SPADA и ESCAPE длиной 14 бит передаются вдоль установленного соединительного пути. Формат INTERROGATE является подмножеством формата ESCAPE. Сообщения в формате IDLE служат для обозначения несуществующего канала или для освобождения занятого канала. Код IDLE в двух последовательных циклах освобождает этот канал, занятый в предыдущих циклах.

Симплексная передача из порта в порт по существующему соединительному пути осуществляется следующим образом. Синхронизирующая схема исходящего порта P_1 вырабатывает 21 бит на один канал: 16 бит (*K*) содержимого канала и 5-битовое число этого канала. Канальное число указывает статус C_1 порта P_1 , а также номер порта P_2 со статусом C_2 входящего порта, куда должны быть переданы *K* бит содержимого канала.

Организуются четыре последовательные фазы (*P*, *D*, *W* и *R*) работы шины ЦКЭ (рис. 3.36). В течение фазы *P* передающая часть порта P_1 помещает номер порта P_2 со статусом C_2 и управляющие сигналы в соответствующие линии шины (в линии порта, канала и управления). Эти данные записываются во всех портах ЦКЭ. Во время фазы *D* все порты ЦКЭ сравнивают число входящего порта P_2 со своим индивидуальным числом, а порт P_1 передает в линию

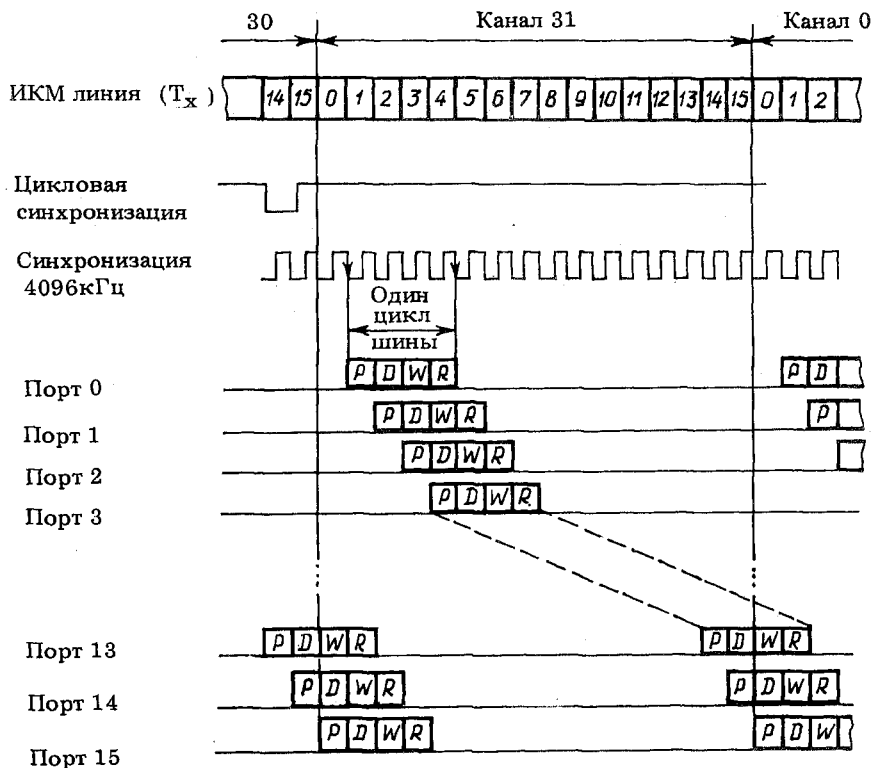


Рис. 3.36. Детализированное описание работы ЦКЭ

DATA шины ЦКЭ K бит содержимого канала. При совпадении этих чисел входящий каналный интервал помечается как занятый, затем в течение фазы W в порте P_2 в запоминающее устройство с произвольной выборкой (ЗУПВ) записывается K бит содержимого канала. В течение фазы W вырабатывается также сигнал подтверждения АСК. Во время фазы R этот сигнал подается в линию АСК совместно с адресом порта P_1 . Фаза R завершает цикл работы шины ЦКЭ.

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

Каждый ОМ имеет свой сетевой адрес, состоящий из четырех цифр — ABCD (рис. 3.37): по цифре А БП подсоединяется к одному из 12 связанных с ним ОМ; цифра В используется ЦКЭ звена 2 каждой плоскости для возможного соединения с БП; по цифре С ЦКЭ звена 3 в каждой плоскости осуществляет соединение с одним из восьми ЦКЭ звена 2; цифра D используется ЦКЭ звена 4 в каждой плоскости для соединения с ЦКЭ звена 3. Каждый из 64 ЦКЭ звена 4 в каждой плоскости имеет возможность соединения дуплексной ИКМ-30 с 16 группами звена 3.

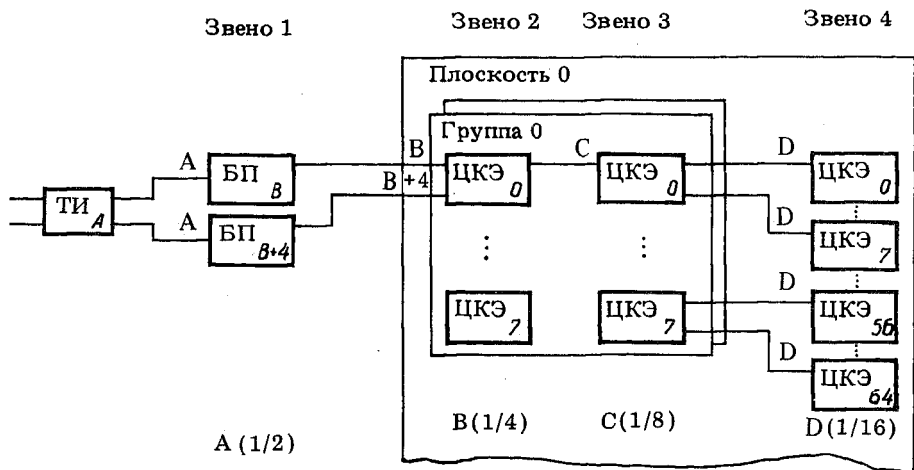


Рис. 3.37. Связь цифр адреса ABCD со структурой цифрового КП ИТТ 1240 (ТИ – терминальный интерфейс ОМ)

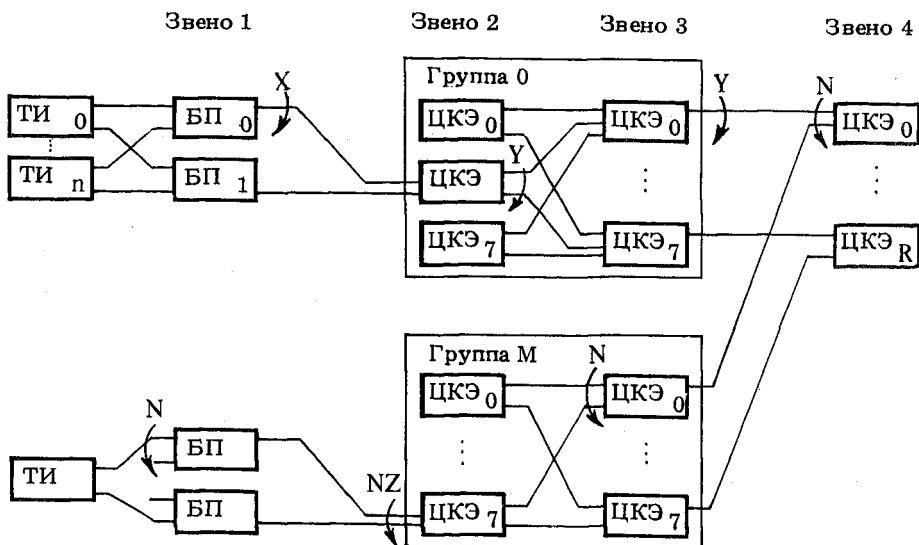


Рис.3.38. Четыре типа сетевых команд на установление соединения в цифровом КП

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

Наиболее длинный соединительный путь проходит от интерфейса передаю-

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

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

Для установления соединения требуются всего четыре типа сетевых команд (рис. 3.38). Первая команда, обозначенная X, используется в БП в режиме свободного поиска для выбора одной из четырех возможных плоскостей. Вторая команда Y — применяется в режиме свободного поиска в звеньях 2 и 3 внутри выбранной плоскости. Третья команда, помеченная буквой N, служит для обусловленного поиска соединительного пути в звеньях 3 и 4. Команда N — сложная, состоит из команд "Выбор заданного порта" и адресных цифр ACD. Четвертая команда — NZ — используется для обусловленного поиска в звене 2. Эта команда — сложная, состоит из команд "Выбор P или P + 4" и адресной цифры B. Цифра B задает один из двух ЦКЭ в БП.

Два примера иллюстрируют простой алгоритм, используемый для выработки последовательности команд при установлении соединения между любыми оконечными терминалами. На рис. 3.39, а показаны интерфейсы двух ОМ. Исходящий терминал имеет адрес 6 2 3 1, входящий — 1 3 2 12.

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

Для рассматриваемого примера семь команд имеют вид: X Y Y 12 3 3Z 1. Эти семь команд передаются во временном канальном интервале, отведенном для исходящего терминала в ОМ, в следующих друг за другом семи циклах. Как только блок подключения принимает команду X, он выбирает путь для входа в одну из плоскостей (ИКМ линию и канальный интервал в ней). В следующем цикле управляющее устройство исходящего ОМ посылает первую из двух команд Y. Поскольку блок подключения к началу этого второго

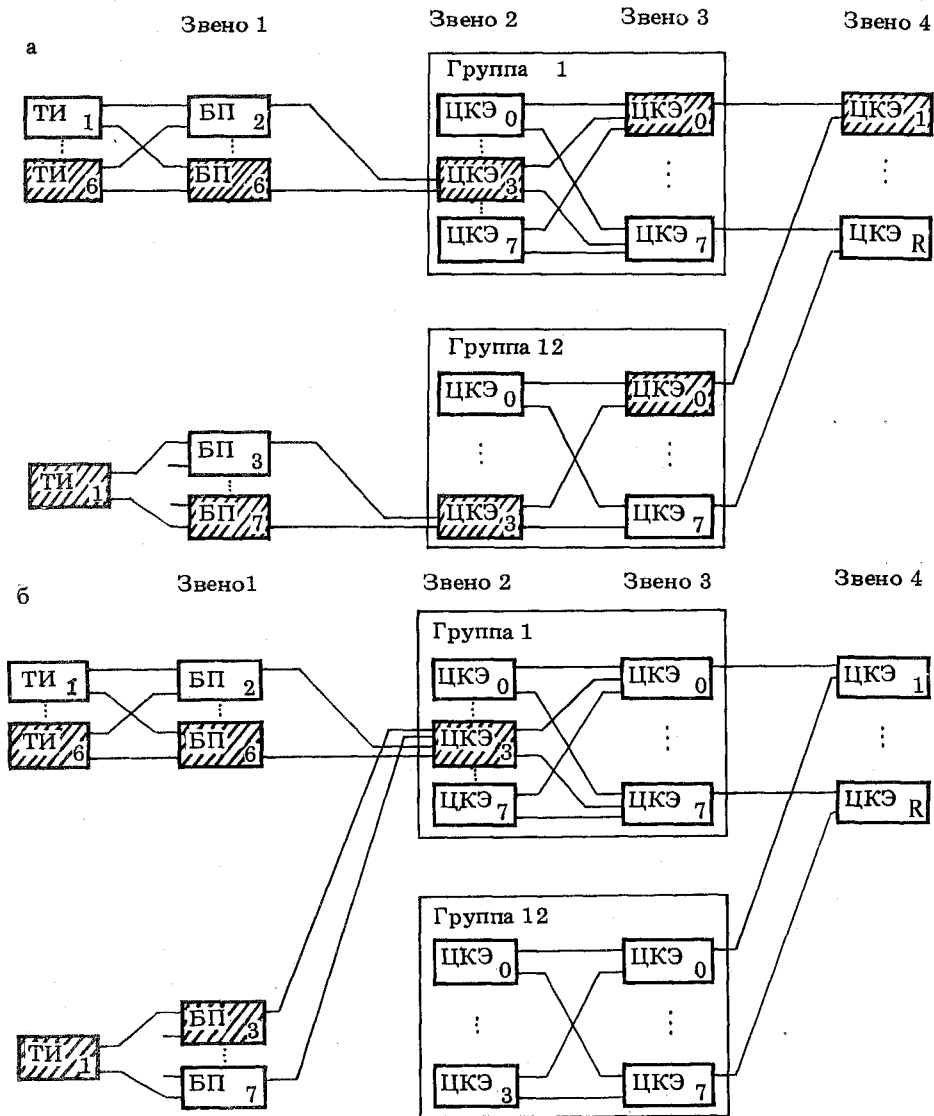


Рис. 3.39. Примеры установления соединительного пути.

a – для соединения требуется последовательность семи команд (соединение устанавливается через все звенья цифрового КП. Команды: X – выбирается любой из исходящих портов 8–11 звена 1; Y – выбирается любой из исходящих портов 8–15 звена 2; Y – выбирается любой из исходящих портов звена 3; 12 – выбирается 12-я группа, любой каналный интервал в промежуточной линии; 3 – выбирается 3-й ЦКЭ в звене 2 12-й группы; 3Z – выбирается 3-й или 7-й ЦКЭ в БП, любой каналный интервал в промежуточной линии); *б* – для соединения требуется последовательность из трех команд (соединение осуществляется через два звена цифрового КП. Команды: X – выбирается любой из исходящих портов звена 1; 3Z – выбирается 3-й или 7-й ЦКЭ, любой каналный интервал в промежуточной линии; 1 – выбирается интерфейс входящего терминала, любой каналный интервал промежуточной линии)

цикла уже выбран и был установлен соединительный путь к звену 2 (по команде X), первая из двух команд Y передается в ЦКЭ звена 2. Под воздействием этой команды ЦКЭ звена 2 находит и устанавливает соединительный путь к звену 3. Вторая команда Y в третьем цикле передается в ЦКЭ звена 3; ЦКЭ находит и устанавливает соединительный путь к ЦКЭ звена 4. Затем цикл за циклом устанавливается обратный соединительный путь через цифровое КП ко входящему терминалу во входящем ОМ. Следует заметить, что управляющее устройство исходящего ОМ не ожидает подтверждения успешной попытки соединения через каждое звено коммутации. Однако при поступлении отрицательного подтверждения управляющее устройство ОМ начинает следующую попытку установления соединительного пути в цифровом КП.

На рис. 3.39, б показан пример установления соединения между двумя терминалами с сетевыми адресами 6 2 3 1 и 1 3 3 1 соответственно для исходящего и входящего терминалов. Реализация алгоритма установления соединения вновь начинается со сравнения адресов исходящего и входящего терминалов. В адресах цифры D совпадают ($D = 1$). Это означает, что звено 4 не требуется для установления соединения. Следующие цифры адресов сравниваются: они вновь совпадают ($C = 1$). Значит, и звено 3 не понадобится для установления соединения. При сравнении адресов B оказывается, что они разные. Таким образом, режим свободного поиска будет осуществляться в звеньях 1 и 2. Общая последовательность команд на установление соединения такова: X Z 1. Для установления соединения потребуется один ЦКЭ БП, один ЦКЭ звена 2 одной из плоскостей, затем еще один ЦКЭ из БП.

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

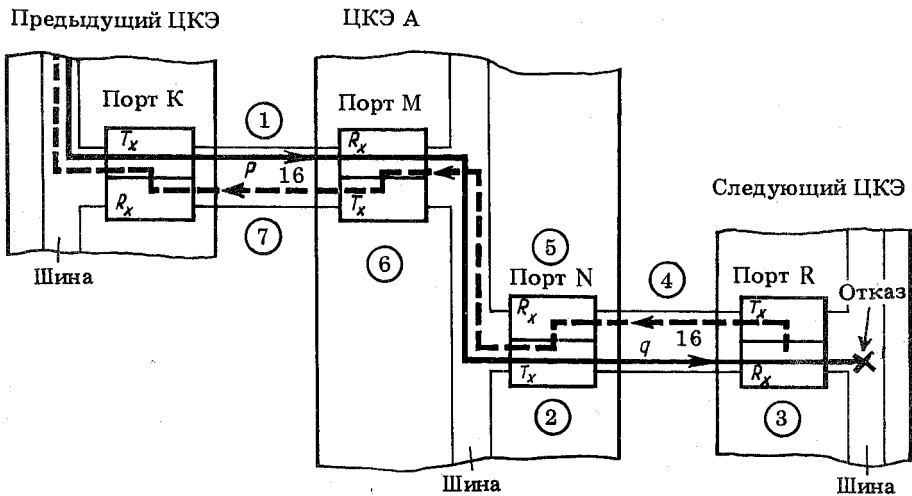


Рис. 3.40. Передача информации об отказе в установлении соединения (сплошная жирная линия – прямой путь; штриховая – обратный)

Принцип передачи в **обратную** сторону информации об отказе в предоставлении соединительного пути по любой причине к исходящему ОМ иллюстрирует рис. 3.40. **Вначале** путь устанавливается через ЦКЭ А (метка 1) от канала *p* порта *M* к каналу *q* порта *N* (метка 2). Если отказ происходит в следующем ЦКЭ, канал *q* переводится в состояние NACK (отрицательное подтверждение) в приемной части порта (метка 3). Передающая часть этого порта (метка 4) **посылает** сообщение "NACK канал *q*" обратно в порт *N* в канале 16. Когда порт *N* получает сообщение "NACK канал *q*" из 16-го канального интервала (метка 5), он записывает информацию об отказе в канале *q* в ЗУ канала. Это приводит к выдаче команды "Свободно" в канал *q* и отсутствию подтверждения в порт *M* при попытках связи через канал *q* порта *N*. Команда "Свободно" освобождает дальнейший путь, начиная с канала *q* порта *N*. Если порт *M* примет попытку записи в канал, отмеченный как занятый (метка 6), отсутствие подтверждения изменит состояние канала *p* в NACK (метка 7), чтобы повторить цикл установления соединения в предыдущем звене коммутации. Когда канал *p* окажется в состоянии NACK, данный канал больше не занимает. Это вызывает срабатывание специальной процедуры защиты шины по записи с целью изменения состояния канала *q* в передающей части порта *N* на свободное и, таким образом, приводит к освобождению канала.

Цифровое КП системы ИТТ 1240 является почти неблокируемым при нагрузке на линию, встречающейся на практике. Только при одной из 1500 попыток установить соединение при нагрузке на канальный интервал 0,5 Эрл требуется повторная попытка установления соединения, и только при одной из 2 млн попыток – третья. В цифровом КП максимальной емкости (60 тыс. соединительных или свыше 100 тыс. абонентских линий) при нагрузке 0,5 Эрл на канальный интервал 99 % соединений имеют максимальное время задержки менее 500 мс; среднее время запаздывания составляет 370 мс. При 20 %-й перегрузке максимальное время запаздывания 99 % соединений составляет 560 мс.

В заключение отметим характерные особенности цифрового КП системы ИТТ 1240:

- 1) управляющая информация в цифровом КП передается внутри временно канального интервала совместно с речевой информацией;
- 2) в основе цифрового КП лежит стандартный ЦКЭ (кольцевая коммутационная схема). Увеличение емкости цифрового КП осуществляется не за счет повышения скорости передачи информации внутри кольца, а с помощью многозвенного включения ЦКЭ. Тактовая частота работы цифрового КП равна в этом случае тактовой частоте ЦКЭ;
- 3) процесс установления соединения через цифровое КП системы ИТТ 1240 организован так, что в зависимости от места включения терминалов в ОМ соединительный путь устанавливается через разное число звеньев поля (а не через все поле, вне зависимости от места включения терминалов, как это осуществляется в полях, описанных в § 3.3).

3.5. КОНЦЕНТРАТОРЫ ЦИФРОВЫХ АТС

Ранее, в § 3.1, были введены три понятия: концентратор, удаленный концентратор и удаленный коммутационный модуль.

Применение удаленных концентраторов и удаленных коммутационных модулей обусловлено двумя причинами: 1) стремлением администрации уменьшить стоимость сети абонентских линий за счет более полного их использования (в результате концентрации нагрузки); 2) социальным заказом на все большее количество услуг, предоставляемых абонентам. Расширение области дополнительных услуг – новый источник увеличения доходов администрации связи.

Однако эти две причины в известной мере противоречат друг другу. С одной стороны, реализация как основной (телефонный разговор), так и дополнительных (сокращенный набор номера, автоподбудка, сопровождающий вызов и т.д.) услуг экономически оправдана на станциях большой емкости, где минимальный объем оборудования доступен максимальному числу абонентов. Это говорит о том, что необходимо включать прямо в станцию максимальное

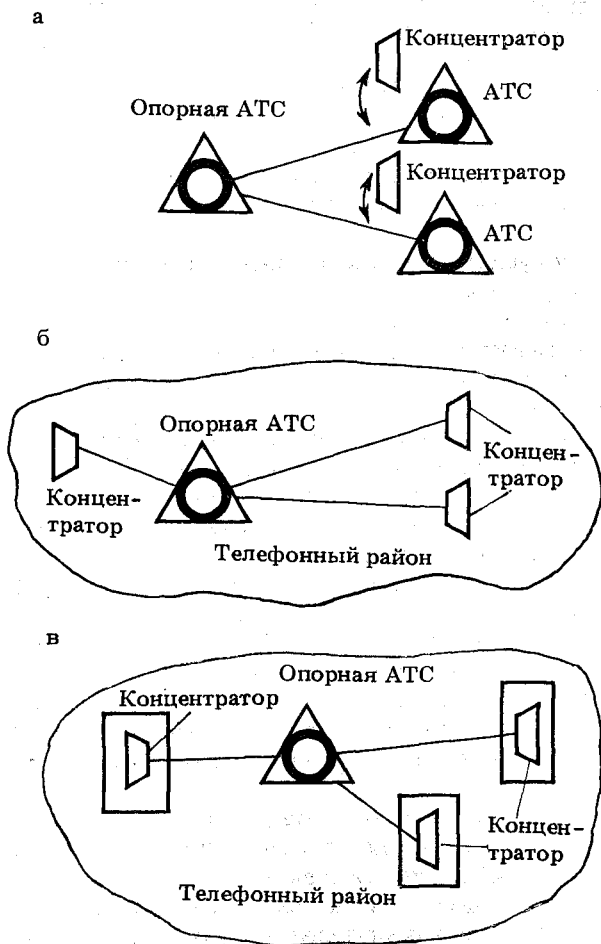


Рис. 3.41. Схемы внедрения концентраторов на телефонной сети Японии

количество абонентских линий. С другой стороны, опыт показывает, что применение удаленных концентраторов и удаленных коммутационных модулей позволяет снизить стоимость сети абонентских линий на 30–40 %. Так как общая стоимость такой сети весьма высока, то и снижение стоимости будет выражаться в значительных суммах. Но при использовании удаленных концентраторов и удаленных коммутационных модулей приходится решать задачу оптимального распределения функций и услуг между ними и опорной АТС, что приводит к увеличению стоимости удаленных концентраторов и удаленных коммутационных модулей.

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

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

1. Замена АТС небольшой емкости удаленными концентраторами (рис. 3.41, а). Эта схема применяется при внедрении цифровой АТС большой емкости в случае, когда в зону ее действия попадают старые, подлежащие замене АТС небольшой емкости. Такой подход имеет следующие преимущества:

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

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

2. Внедрение цифровой АТС и удаленных концентраторов в одном телефонном районе (рис. 3.41, б). Небольшие и простые концентраторы устанавливаются по всему телефонному району, причем количество включаемых в них абонентов намного меньше, чем в первом случае. Такие концентраторы могут быть использованы, например, для обеспечения связью жильцов большого жилого дома. Из-за малого телефонного обмена между абонентами жилого дома в концентраторах не разрешен внутренний обмен.

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

3. Использование удаленных коммутационных модулей (рис. 3.41, в). В этой схеме удаленные коммутационные модули наделены функциями оконечных АТС, а опорная АТС является совмещенной местной/транзитной АТС. Особенно большие преимущества такая схема имеет при внедрении в сети нетелефонных услуг. Эта схема наилучшим образом подходит для городских телефонных сетей большой емкости. Число абонентских линий, включаемых

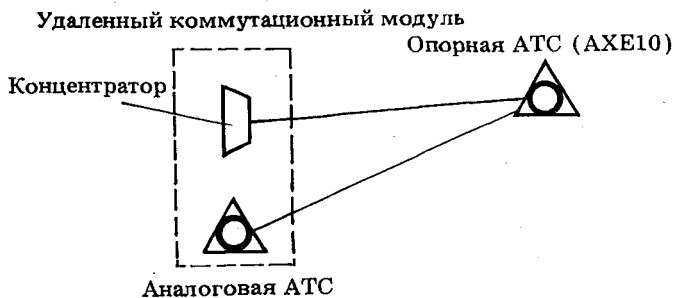


Рис. 3.42. Схема внедрения удаленного коммутационного модуля при сохранении аналоговой АТС

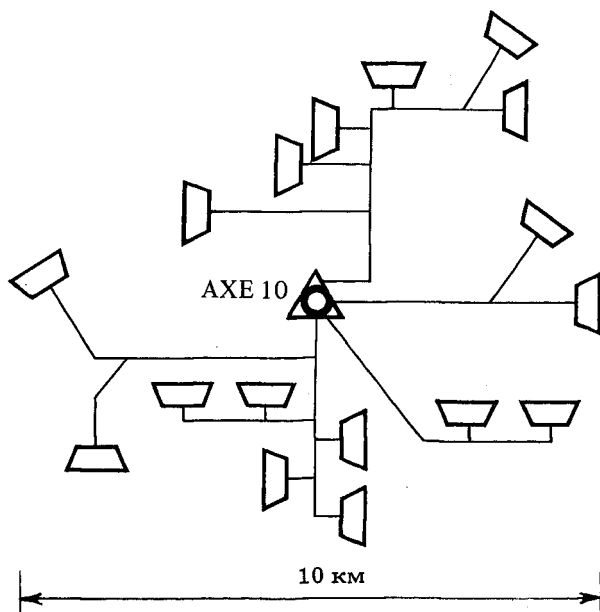


Рис. 3.43. Фрагмент городской телефонной сети с удаленными коммутационными модулями

в удаленные коммутационные модули, может достигать нескольких десятков тысяч.

В Швеции при сохранении общих черт этих трех вариантов есть свои особенности. Прежде всего используются только удаленные коммутационные модули. Кроме того, разрешено совместное использование в одном районе старой аналоговой АТС и удаленного коммутационного модуля (рис. 3.42). Оборудование удаленного коммутационного модуля таково, что при необходимости оно составит часть АТС АХЕ 10, которая будет развернута на месте модуля при значительном увеличении числа абонентов в данном районе. На рис. 3.43 показана часть телефонной сети в одном из городов Швеции, где широко

используются удаленные коммутационные модули. В 17 удаленных коммутационных модулей включено 27 000 абонентских линий, в то время как в опорную АТС АХЕ 10 — только 8000. Количество абонентских линий, включаемых в один удаленный коммутационный модуль, колеблется от 580 до 1870. Модули связываются с опорной АТС волоконно-оптическими линиями, по которым информация передается со скоростью 34 М бит/с.

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

Концентраторы цифровых АТС, устанавливаемые совместно с оборудованием, осуществляют лишь функции согласования АТС с абонентской линией (функции BORSCHT, см. далее с. 121) и концентрации нагрузки для лучшего использования линий цифрового КП.

Эволюция схем построения концентраторов, связанная с совершенствованием элементной базы и принципов управления, происходила по следующим направлениям. Во-первых, изменились место и функции кодеров и декодеров в схеме концентратора. Так, в 70-х гг. из-за высокой стоимости кодеров и декодеров их использовали в качестве групповых устройств. При этом обычно КП концентратора было аналоговым и строилось на герконах. С появлением в начале 80-х годов дешевых БИС и СБИС кодеров и декодеров общее уменьшение стоимости заказных микросхем привело к созданию концентраторов с цифровым КП и индивидуальными кодерами и декодерами для каждой абонентской линии.

Во-вторых, изменились структура и распределение функций управления. Первоначально управляющее устройство выполняло самые примитивные функции: опознавание вызова и управление КП по командам от опорной АТС. Замыкание внутреннего сообщения, как правило, в концентраторах не предусматривалось. Такое решение было принято в соответствии с принципом централизованного управления, при котором достигались максимальное упрощение концентратора и возможность исключения его постоянного обслуживания.

Современные тенденции в построении концентраторов состоят в децентрализации управления с использованием микропроцессоров и разрешении внутреннего обмена (превращение концентратора в удаленный коммутационный модуль). При этом концентратор становится по сути цифровой АТС малой емкости.

Введение внутреннего обмена позволяет не только разгрузить опорную АТС, но и обеспечить абонентов связью внутри модуля при аварии на опорной АТС, порыве кабелей и т.д. Максимально расширяется для абонентов круг дополнительных видов обслуживания из-за возможности совместного использования оборудования опорной АТС и удаленного коммутационного модуля.

Проиллюстрируем сказанное примерами.

Удаленный концентратор станции NEAX 61 состоит из двух станционных модулей — модуля интерфейса аналоговых линий (может устанавливаться на станции в качестве концентратора) и двух модулей интерфейса цифровых линий (рис. 3.44). КП концентратора

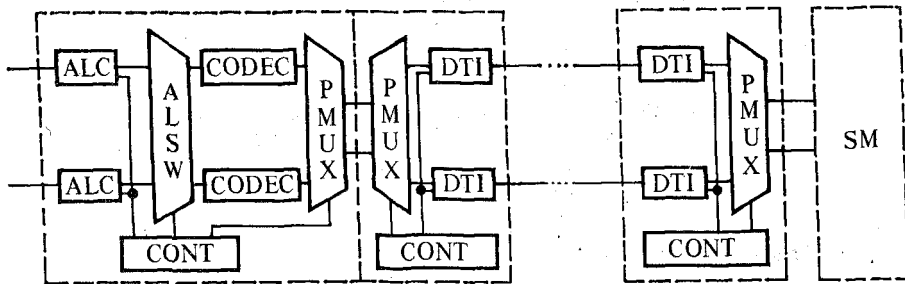


Рис. 3.44. Удаленный концентратор станции NEAX 61:

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

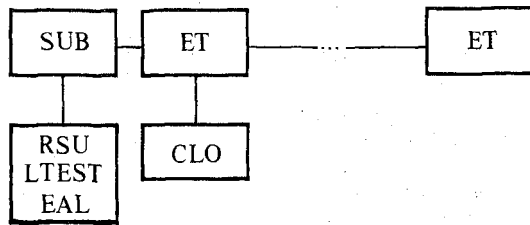


Рис. 3.45. Структурная схема модуля RSUB системы ЭАТС 200

ра – аналоговое (на герконах), применяются групповые кодеры и декодеры. Такие схемы построения концентраторов имеют свои преимущества: нет необходимости в специальных абонентских комплектах для согласования аналоговых абонентских линий с цифровым оборудованием АТС (выполнение функции BORSCHT); подача вызывных сигналов и питание микрофонов осуществляются через КП концентратора; применение групповых кодеров и декодеров, стоимость которых в 70 ж гг. была ниже, чем индивидуальных, делало концентратор более дешевым.

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

Концентрацию нагрузки в концентраторе можно осуществить и без применения КП, возложив эту функцию, например, на кодер (обратная операция выполняется декодером). Этот принцип используется в концентраторе (модуле SUB) и удаленном концентраторе (удаленном абонентском модуле RSUB) системы ЭАТС 200 (рис. 3.45). При построении модуля RSUB используются универсальный абонентский модуль SUB и блок ET (эти устройства подробно будут описаны далее, в гл. 4). Кроме того, RSUB содержит общие для всех абонентских модулей системы ЭАТС 200 блоки: систему тактовой синхронизации (CLO), генератор вызывного тока (RSU), устройство измерения абонентских линий (LTEST), блок подключения внешних аварийных сигналов (EAL). Максимально в RSUB может быть включено 256 абонентов (концентрация 64:30). Функции концентрации/деконцентрации возложены на кодер/декодер модуля SUB. По сигналу ЭВМ обработки вызовов опорной АТС кодер включает речевые сигналы абонентской линии в заданный каналный интервал ИКМ-30. Если все 30 каналных интервалов во всех ИКМ-30 заняты, то следующий вызывающий абонент получит из RSUB сигнал "Занято". Концентраторы ЭАТС 200 имеют групповые кодеры и декодеры, которые управляются централизованно.

Табл. 3.4. Характеристики концентраторов FETEX-150

Параметр	Концентратор (LC)	Удаленный концентратор (RLC) (удаленный коммутационный модуль)
Количество абонентских линий	1920 (max)	
Обслуживаемая нагрузка, Эрл	90	
Интерфейс с опорной АТС	4 ЦСП ИКМ-30	4 ЦСП ИКМ-30 или 5 ЦСП ИКМ-24
Управление		8-битовый микропроцессор
Сигнализация с опорной станцией		ОКС

Стремление к разнообразию аппаратуры с помощью максимально малого набора модулей приводит к созданию концентраторов и удаленных концентраторов, принципы построения и аппаратурная реализация которых едины. Примером могут служить концентратор и удаленный коммутационный модуль системы FETEX-150 (Япония). Структурная схема концентратора показана на рис. 3.46, схема удаленного коммутационного модуля почти такая же. В табл. 3.4 приведены общие характеристики концентратора и удаленного коммутационного модуля FETEX-150. Отметим, что эти устройства в значительной степени отвечают современным требованиям к концентраторам (индивидуальные комплекты, реализующие функцию BORSCHT; цифровое КП; микропроцессорное управление и т.д.).

В качестве примера, иллюстрирующего современное состояние разработок, рассмотрим линейный концентратор KN 1000 станции E 10, созданный в Польше (название "линейный концентратор" дано разработчиками оборудования).

Как показано на рис. 3.47, линейный концентратор KN 1000 состоит из дублированного основного модуля концентрации (MCU), местного (LSM) и удаленного (RSM) абонентских модулей.

Абонентские модули соединяются с MCU стандартными ИКМ линиями, передающими речевую и управляющую информацию. Модули RSM подключаются к MCU с помощью кольцевой цифровой системы передачи. К одной такой системе передачи может быть под-

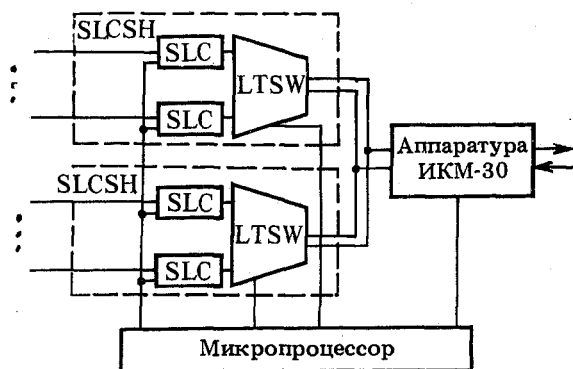


Рис. 3.46. Структурная схема концентратора FETEX-150: SLC – электронный абонентский комплект, реализующий функцию BORSCHT; SLCSH – блок абонентских комплектов; LTWS – временная ступень коммутации (Т-ступень)

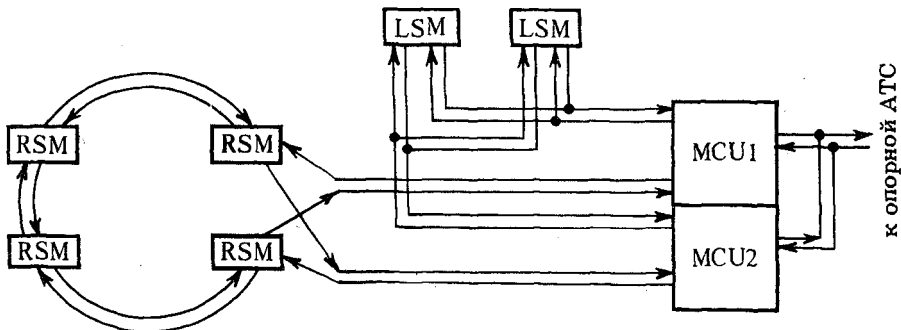


Рис. 3.47. Структурная схема линейного концентратора KN 1000

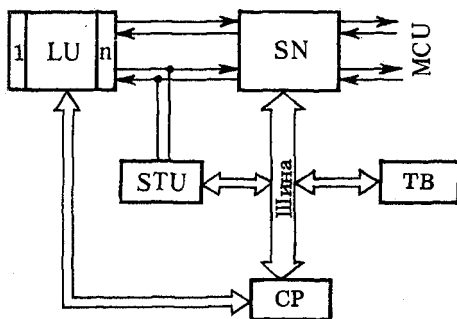


Рис. 3.48. Структурная схема местного абонентского модуля LSM

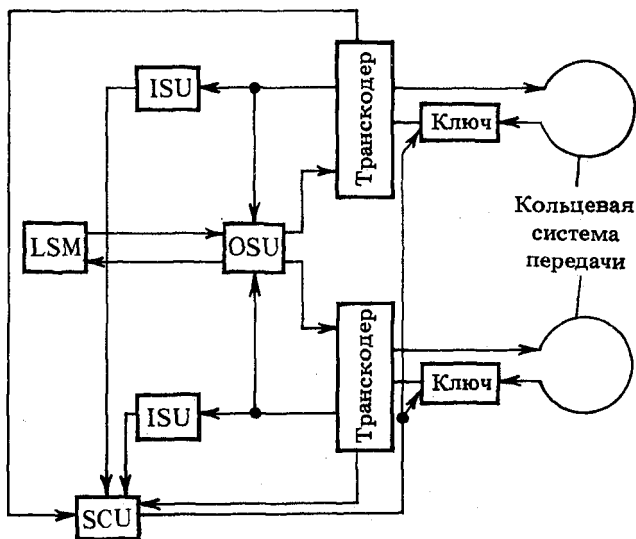


Рис. 3.49. Удаленный абонентский модуль RSM:

LSM – местный абонентский модуль; ISU – блок синхронизации входящих цифровых потоков; OSU – блок синхронизации исходящих цифровых потоков; SCU – блок специальных команд

включено до 8 RSU, каждый со 160 абонентскими линиями. Максимальное общее количество LSU и RSU в концентраторе равно 16.

Синхронизация абонентских модулей осуществляется по принципу "ведущий-ведомый", а сигнализация – по ОКС с использованием системы сигнализации № 7 МККТТ.

Структурная схема местного абонентского модуля LSM приведена на рис. 3.48. Она содержит: линейный блок LU, осуществляющий функции BORSCHT; КП SN; процессор управления CP; последовательный передающий блок STU и блок синхронизации ТВ. Поле подключает 160 абонентских линий к 60 исходящим канальным интервалам. Оно позволяет осуществить внутренний обмен (соединение абонентов одного и того же модуля в LSM без выхода на опорную АТС). Процессор управления CP построен на 16-битовом микропроцессоре. Через 8-битовую шину он посылает сигналы управления в устройства, вырабатывающие сигналы для абонентской линии (вызывные сигналы, переполюсовка, контроль состояния), и обрабатывает сигналы, получаемые из абонентской линии (включая сигналы набора номера). Передача этих функций процессору CP делает местный абонентский модуль LSM достаточно автономным от MCU.

Структурная схема удаленного абонентского модуля RSM показана на рис. 3.49. Он отличается от модуля LSM только блоками, которые подключают его к кольцевой цифровой системе передачи. Кроме того, RSM содержит блок, используемый для контроля абонентских линий и линейных блоков.

Основной блок концентрации MCU (рис. 3.50) состоит из цифрового КП DSN, процессора управления CP, последовательного передающего блока STU, сигнального интерфейса SI с опорной АТС Е 10, блока контроля TU местных абонентских модулей и интерфейса кольцевой системы передачи RI для подключения удаленных абонентских модулей.

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

Процессор управления CP, построенный так же, как и в абонентских модулях, управляет передачей сигналов в опорную АТС Е 10 по общему каналу сигнализации и осуществляет доступ абонентских модулей к ИКМ линиям в направлении к опорной АТС.

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

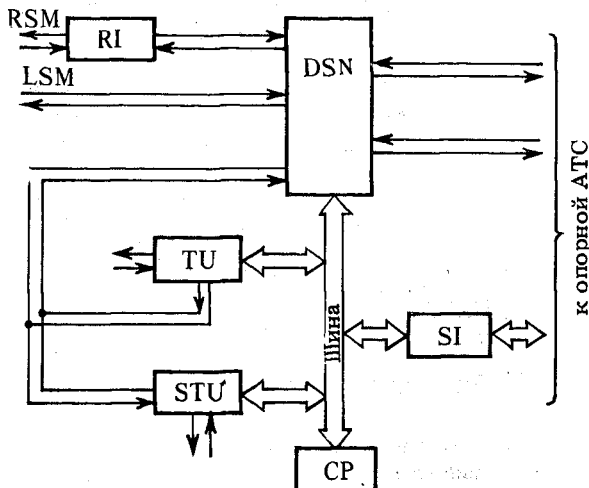


Рис. 3.50. Основной блок концентрации MCU

1) функции концентратора почти независимы от управляющих устройств опорной АТС. Это означает, что концентратор KN 1000 может быть использован в различных типах коммутационных систем;

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

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

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

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

3.6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЭКВИВАЛЕНТОВ ДЛЯ АНАЛИЗА И СИНТЕЗА ЦИФРОВЫХ КП

Обратимся к структурам цифровых КП первого и второго классов. Рассмотрим построение пространственных эквивалентов цифровых КП.

Времяуплотненная ИКМ линия с r_0 -канальными интервалами эквивалентна r_0 -проводной аналоговой неуплотненной линии (рис. 3.51, а).

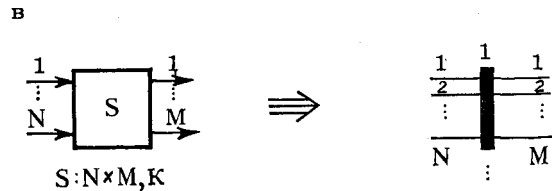
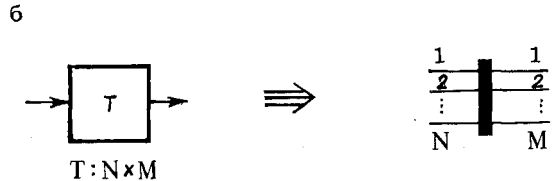
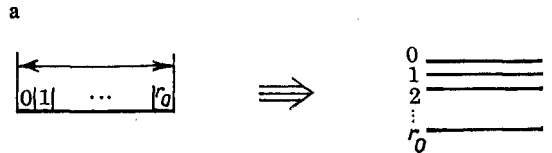
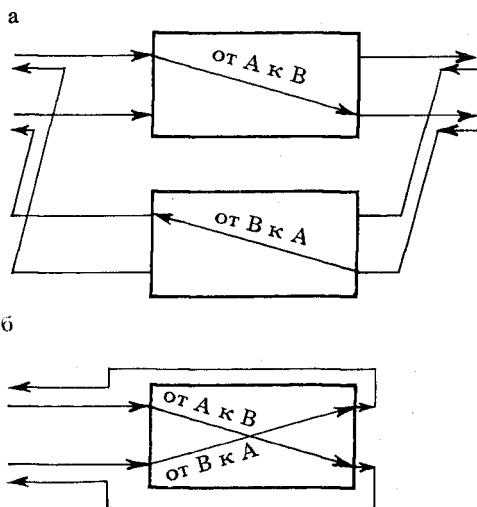


Рис. 3.51. Иллюстрация правил эквивалентного представления элементов цифровых КП пространственными структурами

Рис. 3.53. Цифровые КП



одинаковыми для обоих путей, то для управления ими нужна лишь одна память для обеих половин поля.

В *неразделенном* цифровом КП оба соединительных пути для одного разговора устанавливаются через одно и то же поле (рис. 3.53, б). Установление двух идентичных соединительных путей для одного разговора через такое поле приводит в ряде случаев к тому, что оба пути проходят через один и тот же каналный интервал средней ступени КП, что запрещено. Обсудим это подробнее.

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

Свойства этих алгоритмов рассмотрим на примере $T-S-T$ цифрового КП. Это рассуждение наиболее наглядно при использовании пространственного эквивалента $T-S-T$ поля. Предполагается, что оба соединительных пути для одного разговора устанавливаются через одинаково нумерованные входы и выходы первого и третьего звеньев поля.

Алгоритм *установления независимых соединительных путей* показан на рис. 3.54, а. Согласно данному алгоритму, соединительные пути должны устанавливаться независимо друг от друга. Поэтому требуются два управляющих ЗУ (нами оставлены без внимания случаи, когда будут возникать конфликтные ситуации; их разрешение потребует усложнения работы управляющих устройств).

Естественным является стремление уменьшить объем управляющего ЗУ и упростить алгоритм поиска пар соединительных путей. Самым простым и удобным был бы такой, который позволял бы одинаковым образом устанавливать оба соединительных пути. Этот алгоритм, получивший название *симметричного*, показан на рис. 3.54, б.

При реализации данного алгоритма условия симметрии требуют, чтобы оба соединительных пути для одного разговора проходили через один и тот же коммутатор среднего звена. В этом случае резко упростится алгоритм нахождения соединительного пути направления приема (это будет просто зеркальное отображение соединительного пути направления передачи). Управление соединением может осуществлять одно управляющее ЗУ, используемое для обоих соединительных путей. К сожалению, симметричный алгоритм позволяет установить соединение только между абонентами, включенными в разные T -ступени. В этом нетрудно убедиться, попытавшись установить соединение между абонентами одной T -ступени по рис. 3.54, б.

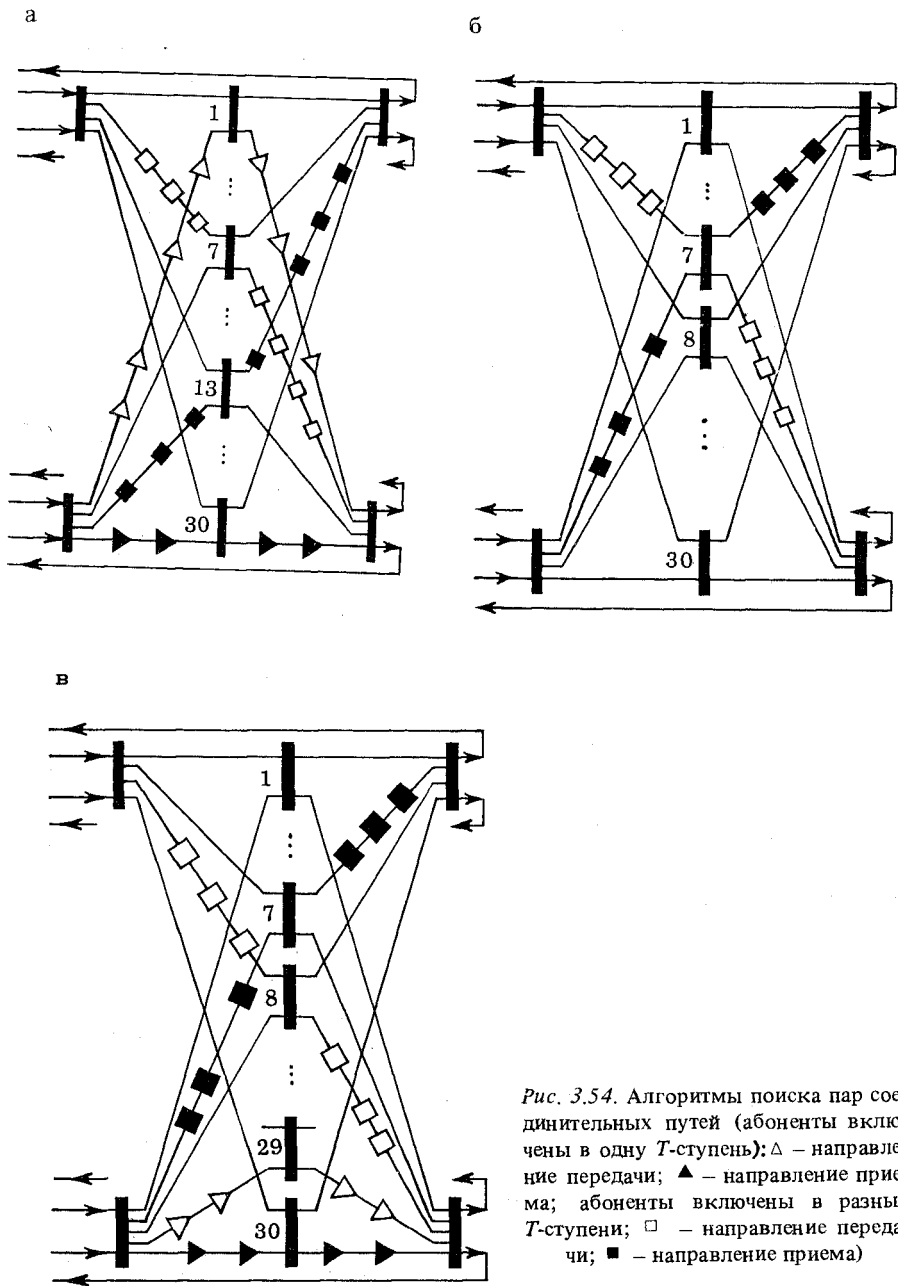


Рис. 3.54. Алгоритмы поиска пар соединительных путей (абоненты включены в одну T -ступень): Δ – направление передачи; \blacktriangle – направление приема; абоненты включены в разные T -ступени; \square – направление передачи; \blacksquare – направление приема)

Этот недостаток симметричного алгоритма устраняется, если в среднем звене поля соединение устанавливается через коммутаторы, расположенные рядом (по принципу "чет-нечет") (рис. 3.54, в). Такой алгоритм получил название *квазисимметричного*. Полное выполнение требований квазисимметричного алгоритма приводит к простой схеме поиска соединительных путей обоих направлений с управлением единым ЗУ.

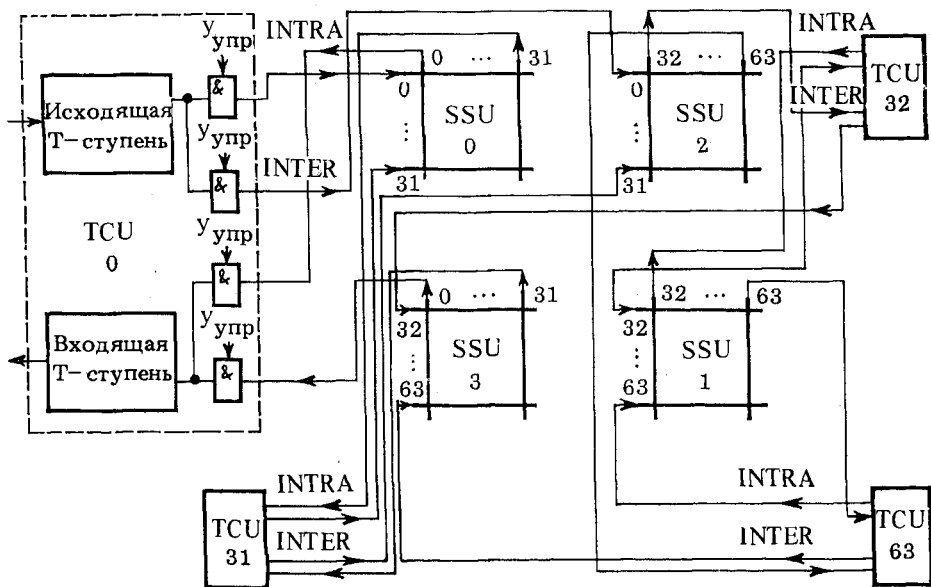


Рис. 3.55. Цифровое $T-S-T$ ККП с симметричным алгоритмом поиска соединительных путей:

TCU_i – i -й модуль T -ступени; SSU_j – j -я пространственная матрица (все матрицы составляют S -ступень); INTRA – ИКМ линии для установления соединения между абонентами одной T -ступени; INTER – ИКМ линии для установления соединения между абонентами разных T -ступеней

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

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

Техническое решение, позволяющее применить симметричный алгоритм поиска пары соединительных путей вне зависимости от места включения абонентов, состоит в следующем: 1) на T -ступени $T-S-T$ ККП производится разделение соединительных путей, устанавливаемых между абонентами одной T -ступени, и путей, устанавливаемых между абонентами разных T -ступеней; 2) S -ступень разбита на подматрицы, обслуживающие только один вид соединения. В результате для обоих видов соединений используется симметричный алгоритм, но соединение устанавливается через различные половины S -ступени (упрощенная схема поля показана на рис. 3.55).

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

Отличительная особенность поиска соединительных путей в цифровых коммутационных системах с программным управлением состоит в том, что в них отсутствует физи-

ческое опробование линий и приборов поля. Все установленные соединения отображаются в виде специальных записей в ЗУ управляющих комплексов. Найденные по тому или иному алгоритму соединительные пути и приборы сравниваются с этими записями для определения того, свободны они или заняты.

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

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

3.7. ОЦЕНКА СЛОЖНОСТИ МНОГОЗВЕННЫХ ЦИФРОВЫХ КП

В общем случае задачу проектирования КП можно сформулировать следующим образом: для заданных емкости, нагрузки и качества обслуживания найти структуру КП, оптимальную в отношении заданных критериев. При проектировании чаще всего в качестве критерия используется стоимость поля, которая определяет его экономическую эффективность.

Введем функцию T , которую назовем *функцией приведенной стоимости* (ФПС):

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

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

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

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

$$T' = \sum_{i=1}^G \kappa_i Q_i / N,$$

где N – число каналов, обслуживаемых КП.

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

$$T'' = \sum_{i=1}^G \kappa_i Q_i / Y,$$

где Y – нагрузка, поступающая на КП.

Конкретное представление функций T , T' или T'' зависит от выбора типов функциональных элементов и соответствующих стоимостных коэффициентов, который может быть осуществлен с различной степенью детализации. Именно выбор указанных параметров существенно влияет на сложность вычисления функций T , T' , T'' .

Полагая эти функции целевыми, можно построить процедуру оптимизации КП. Опишем одну из таких процедур.

Для оценки сложности цифровых КП рассматривались два типа функциональных элементов – ЗУ и логические схемы – и объем оборудования определялся по объемам ЗУ и логических схем. ФПС состояла из двух компонентов, причем стоимостный коэффициент элементов ЗУ принимался за единицу. Затем вычислялась функция

$$T' = (\kappa Q_1' + Q_2') / N, \quad (3.1)$$

где Q_2' – суммарное число бит, занимаемое всеми управляющими и речевыми ЗУ КП; Q_1' – суммарное количество логических элементов во всех S -степенях поля; κ – стоимостный коэффициент логических элементов. С учетом формулы (3.1) были построены таблицы выбора оптимальной структуры цифровых КП с количеством звеньев от 3 до 6, числом канальных интервалов в ЦСП 30 и 120, числом ЦСП, работающих по способу поиска соединительных путей "от точки к точке", до 120 000 для двух типов КП – разделенных и неразделенных – с фиксированным качеством обслуживания. С помощью этих таблиц можно выбрать структуру цифрового КП с минимальным значением функции T' при фиксированном числе звеньев для заданной емкости.

Результаты анализа эффективности цифровых КП можно проиллюстрировать зависимостями $T' = f(L)$, где L – общее число ЦСП КП. На рис. 3.56 приведены эти зависимости для случая применения ЦСП ИКМ-30 при нагрузке на один канальный интервал $y = 0,8$ Эрл, качестве обслуживания $p = 0,1$ %, неразделенном поле, работающем способом "от точки к точке", и использовании квазисимметричного алгоритма поиска пар соединительных путей. Как видно из графиков, приведенная стоимость поля возрастает с увеличением емкости. Скорость нарастания стоимости различна для различных типов полей, однако характерно, что КП с S -степенью на первом и последнем звеньях являются более дорогостоящими, чем с T -степенями на этих звеньях.

Экономичность цифрового КП зависит от стоимостного коэффициента κ . На рис. 3.57 представлены зависимости $T' = f(\kappa)$ при $L = 144$, ЦСП ИКМ-30; $y = 0,8$ Эрл, $p = 0,1$ % для неразделенного КП, работающего способом "от точки к точке", и использовании квазисимметричного алгоритма выбора пар соединительных путей. Как видно из графиков, приведенная стоимость для всех КП возрастает с увеличением κ , причем особенно существенно – для трехзвенных схем. В настоящее время значение κ колеблется от 5 до 25.

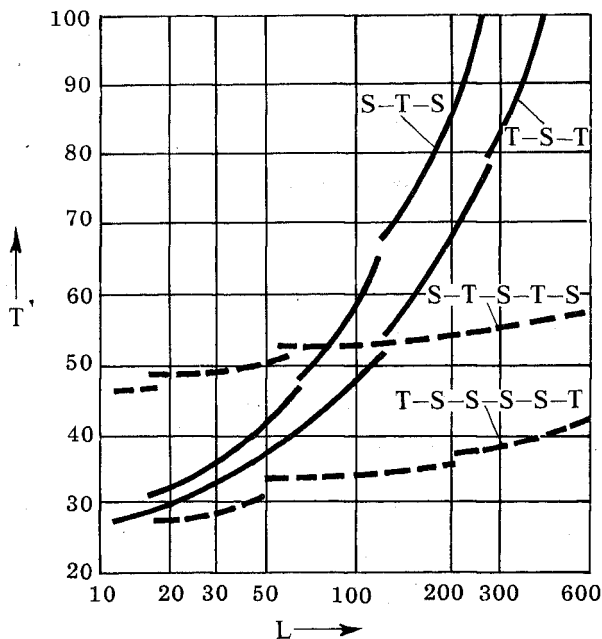


Рис. 3.56. Зависимости $T' = f(L)$

Рассматриваемый подход позволяет сопоставить друг с другом КП различных типов — разделенные и неразделенные. На рис. 3.58 приведены зависимости $T' = f(L)$ для различного числа канальных интервалов в ЦСП при фиксированной емкости $N = 4320$ канальных интервалов, $\gamma = 0,68$ Эрл на один канал, $p = 0,1\%$, $\kappa = 5$, способе "от точки к точке" и последовательной передаче кодовых слов по каналу. Анализ этих зависимостей показывает, что разделенные поля, как правило, экономичнее неразделенных. Кроме того, стоимость разделенных и неразделенных полей уменьшается при увеличении числа канальных интервалов в ЦСП. Следовательно, если стоимость вторичного мультиплексирования в цифровом КП невысока, применять его всегда целесообразно.

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

Как указывалось ранее, модульность является одной из основных особенностей цифровых КП. Оценка и сравнение цифровых КП, полученных различными способами модульного расширения поля, производится при одинаковом качестве обслуживания, т.е. используется функция приведенной стоимости T'' . В связи с этим расчет предельной емкости и емкости модулей поля производится не по количеству входных/выходных канальных интервалов, а по величине пропущенной нагрузки.

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

Суть *простого расширения модулями* состоит в том, что для получения всего спектра градаций цифрового КП (от самого малого до максимально возможного) к неизменной части поля добавляются конструктивно и функционально законченные модули (рис. 3.59, а). Этот способ обозначается SEG (сегментный). Особое место при данном способе занимает метод расширения цифрового КП, у которого центральные звенья являются S-ступенями. В этом случае расширение поля осуществляется добавлением одинаковых

Рис. 3.57. Зависимости $T' = f(\kappa)$

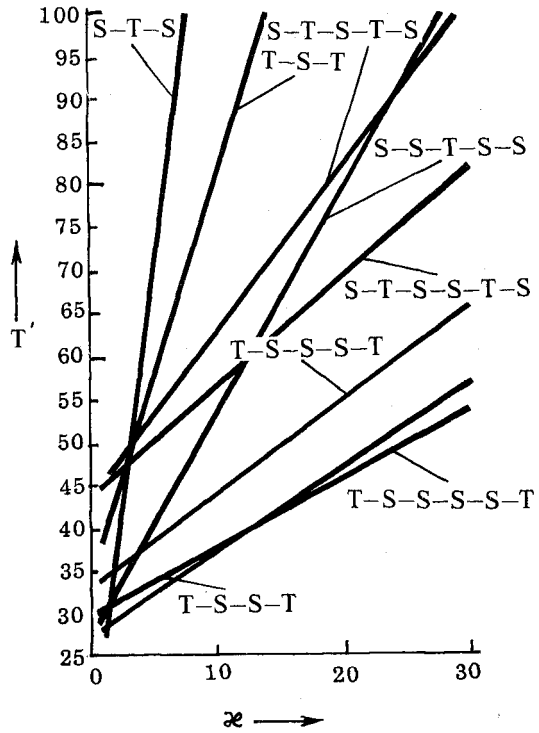
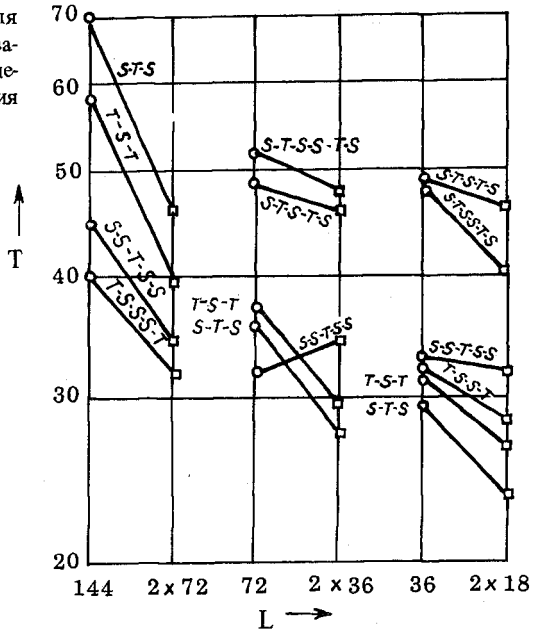


Рис. 3.58. Зависимости $T' = f(L)$ для различного числа канальных интервалов в ЦСП (о – значения T для неразделенных полей; □ – значения T для разделенных полей)



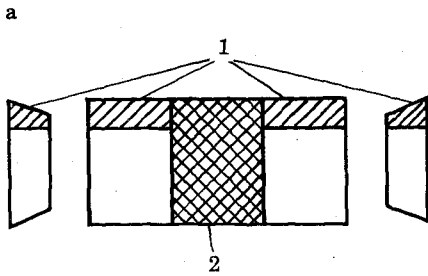
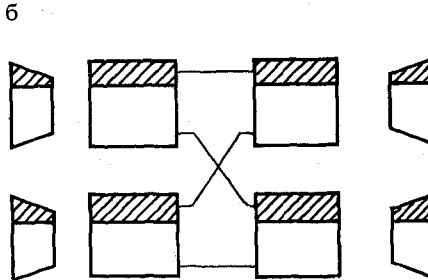


Рис. 3.59. Иллюстрация способов модульного расширения цифровых КП:
1 – модули расширения; 2 – неизменная часть поля



модулей слева и справа от центрального звена. Этот тип расширения обозначается STR (по слоям). Центральное звено остается при этом неизменным.

При расширении независимыми модулями градации поля получаются последовательным добавлением модулей во всех звеньях поля (рис. 3.59, б). Данный тип расширения обозначается IND (независимый).

Суммарные оценки, полученные с помощью функций T'' для этих типов расширения цифровых КП приведены в табл. 3.5. Из таблицы видно, что поля, начинающиеся и заканчивающиеся T -ступенями, имеют преимущества перед полями с S -ступенями на первом и последнем звеньях.

Табл. 3.5. Суммарные оценки типов модульного расширения цифровых КП

Структура поля	Тип расширения		
	SEG	IND	STR
$T-S-T$	(+)	(+ -)	(+)
$T-S-S-T$	(×)	(Δ)	(+)
$S-T-S$	(×)	(Δ)	(-)
$S-S-T-S-S$	(×)	(Δ)	(-)

Примечание. Условные обозначения, характеризующие общий результат применения способа расширения: (+) – прекрасный; (+ -) – хороший; (Δ) – средний; (×) – плохой; (-) – метод неприменим.

3.8. СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ МНОГОЗВЕННЫХ ЦИФРОВЫХ КП ЧЕТВЕРТОГО КЛАССА

Ранее, в гл. 2, рассматривались реализации S/T -ступеней. Наибольший интерес вызывают S/T -ступени, построенные на БИС. На основе таких БИС создаются цифровые КП всех градаций емкости.

Для того чтобы реализовать КП большей емкости, чем емкость одной БИС S/T -ступени, можно соединять их различными способами. Один из этих способов, конструктивно заложенный в БИС, был показан в гл. 2 для элементов ЕС1 (см. с. 44–45). Другой простой способ основан на параллельном соединении таких элементов (рис. 3.60, *а*). При данном соединении емкость поля ограничена в основном скоростью работы мультиплексоров, которые соединяют исходящие ИКМ линии.

Используя БИС S/T -ступени, можно строить многозвенные КП. На рис. 3.60, *б* показано двухзвенное цифровое КП на S/T -ступенях. Максимальная емкость такого поля равна $n^2 f$, где n – число входящих (или исходящих) ИКМ линий в одной БИС S/T -ступени; f – количество канальных интервалов в одной ИКМ линии. На рисунке N – число входящих (исходящих) канальных интервалов коммутационной схемы; $f_{j,i}$ – число канальных интервалов одной входящей ИКМ линии, включенной в j -ю БИС; $f_{j,0}$ – число канальных интервалов одной исходящей ИКМ линии, включенной в выходы j -й БИС второй ступени; r_1 – число БИС первой S/T -ступени; r_2 – число БИС второй S/T -ступени; $U_{j,i}$ – число входящих ИКМ линий, включенных в j -ю БИС первой S/T -ступени; $U_{j,0}$ – число исходящих ИКМ линий, включенных в выходы j -й БИС второй S/T -ступени; V – число ИКМ линий, включенных между двумя БИС первой и второй ступеней (связность).

Для того чтобы двухзвенное цифровое КП данного типа было неблокируемым, необходимо и достаточно, чтобы

$$Vf_{1,0} \geq \min \{U_{1,i}f_{1,i}U_{2,0}f_{2,0}\}.$$

Двухзвенные неблокирующие КП четвертого класса не имеют практического значения, так как емкость любого поля не превышает емкости однозвенных структур.

Трехзвенное цифровое КП четвертого класса (рис. 3.60, *в*) является базовым, на основе которого строятся многозвенные КП. Далее предполагается, что все используемые в схеме БИС идентичны, т.е. имеют одинаковое количество входных и выходных линий.

Рассматриваемое трехзвенное КП будет неблокирующим, если

$$m \geq 2 \left[\frac{U_i f_i - 1}{V f_0} \right] + 1,$$

где $[\cdot]$ – целая часть числа; m – количество БИС в средней ступени коммутационной схемы; U_i – число входящих (исходящих) ИКМ линий, включенных в одну БИС первой (третьей) ступени; f_i – число канальных интервалов каждой БИС первого звена и на входе каждой БИС третьего звена; f_0 – число канальных интервалов одной ИКМ линии между первой и второй ступенями, а также между второй и третьей ступенями; V – связность.

Можно получить k -звенное цифровое КП четвертого класса итерационно – из базового трехзвенного поля заменой среднего звена на трехзвенное поле. Используя этот метод, можно получить цифровые КП четвертого класса с нечетным числом звеньев (например, 5-, 7-звенные и т.д.). Если базовое поле и трехзвенное поле для замены являются неблокирующими, то результирующее k -звенное поле тоже будет неблокирующим (это следует из свойств коммутационных схем Клоза, изучаемых в курсе "Теория распределения информации").

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

$$N_{\text{кmax}} = \left(\left[\frac{n+1}{2} \right] \right)^{(k-1)/2} f n,$$

где $[\cdot]$ – целая часть числа; k – количество звеньев в поле; f – число канальных интервалов в ИКМ линии; n – число ИКМ линий, включаемых в одну S/T -ступень. Например,

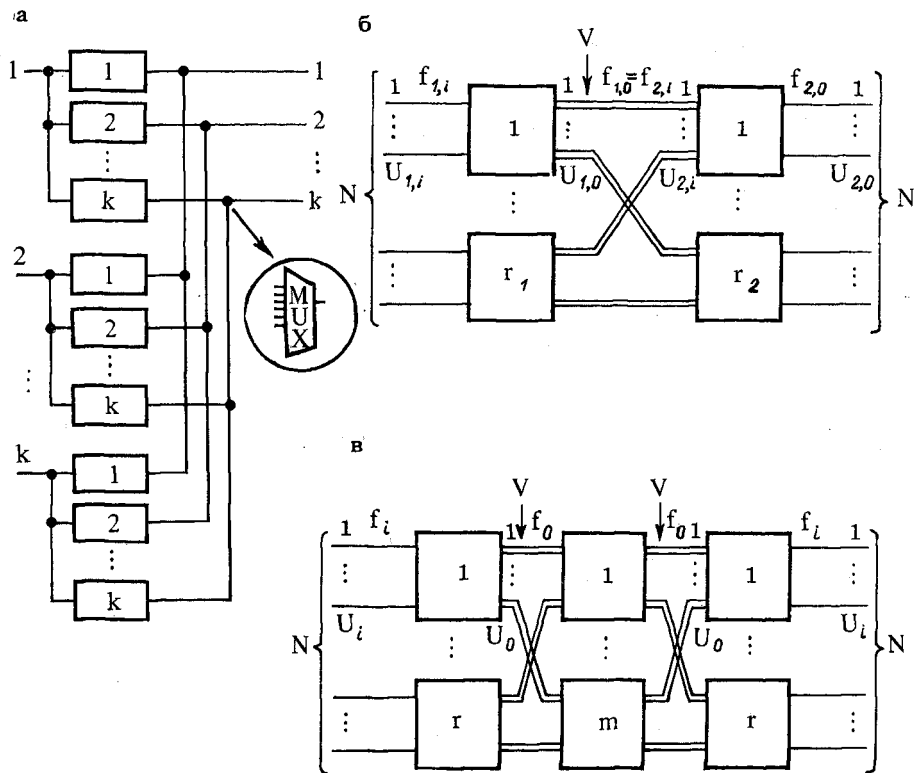


Рис. 3.60. Цифровые КП, построенные на БИС S/T-ступеней

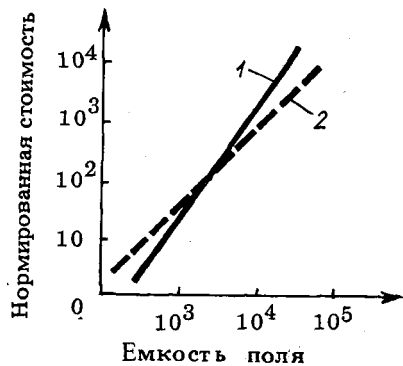


Рис. 3.61. Стоимостное сравнение однозвенных (прямая 1) и многозвенных (прямая 2) цифровых КП на БИС S/T-ступеней

для $k = 3, n = 8, f = 32$ имеем $N_{\text{зmax}} = 1024$ канальных интервала, т.е. 32 ИКМ линии по 32 канальных интервала каждая.

Применение многозвенных структур цифровых КП четвертого класса экономически выгодно уже при емкости поля свыше $0,5 \cdot 10^4$ канальных интервалов (рис. 3.61).

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Во входы/выходы КП цифровой АТС включены стандартные ЦСП ИКМ-30. Общая емкость поля – 512 временных каналов. Постройте КП типа $T-S-T$ с указанием необходимой емкости речевых и управляющих ЗУ и укажите режимы работы T -ступеней.

2. Постройте КП типа $T-S-T$, в которое включаются 768 временных каналов ЦСП ИКМ-24 и 768 временных каналов ЦСП ИКМ-30/32. Укажите необходимые модули сопряжения, модули КП, емкости речевых и управляющих ЗУ, а также режимы работы T -ступеней.

3. В удаленный концентратор включены 360 абонентских линий. Между удаленным концентратором и цифровой АТС используются линии, оборудованные ЦСП ИКМ-30. Постройте схему удаленного концентратора. Докажите правильность принятых решений.

4. Как изменится схема удаленного концентратора, построенного в соответствии с п. 3, если разрешить обмен внутри концентратора?

4. СОГЛАСОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ АТС С ЛИНИЯМИ И СИСТЕМАМИ ПЕРЕДАЧИ В ТЕЛЕФОННОЙ СЕТИ

4.1. СТЫКИ ЦИФРОВЫХ АТС

В течение длительного времени цифровые коммутационные системы еще будут работать в телефонных сетях совместно с аналоговыми станциями, аналоговыми системами передачи и другим аналоговым оборудованием. Поэтому цифровые коммутационные системы должны обеспечивать интерфейс (стык) с аналоговыми линиями и системами передачи.

С другой стороны, создание интегральных цифровых сетей связи с единым трактом "коммутация-передача" не снимает проблемы согласования цифровых потоков на входах и выходах цифровой АТС с цифровыми потоками ЦСП.

МККТТ разработаны Рекомендации для цифровых транзитных АТС; предназначенных для интегральных и смешанных аналого-цифровых сетей (Рекомендации Q.501-Q517), а также цифровых местных и комбинированных (оконечно-транзитных) станций (Рекомендации Q.511-Q517).

На оконечной станции линии и цифровые тракты включаются через стыки (рис. 4.1), обозначаемые буквами или буквами с индексами. Соединительные линии включают в станционные окончания через стыки типов *A*, *B* и *C*.

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

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

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

АЛ, линии от подстанций и учреждений станций включаются через интерфейсы типа *U*, *V* и *Z*. Стык *U* используется для включения АЛ при основном доступе к интегральным сетям. Стык V_1 применяется также для включения абонентского оборудования при основном доступе через цифровую АЛ. Основная структура доступа через стык *V* — два канала типа *B* (*B* — информационный канал, 64 К бит/с) и один канал типа *D* (*D* — канал сигнализации, 16 К бит/с). Стык V_2 служит для включения цифровых подстанций. Через стык V_3 включается цифровое оборудование, например цифровые УАТС. Структура V_3 стыка: $30 B + D$. Мультиплексорное оборудование в цифровые АТС включается через стык V_4 . Мультиплексоры ИКМ, предназначенные для подключения аналоговых выносных подстанций и аналоговых учреждений АТС, соединяются через стык V_5 .

Стыки *Z* (Z_1, Z_2, Z_3) используются для включения аналоговых линий

Интерфейсы к АЛ

Интерфейсы к другим станциям

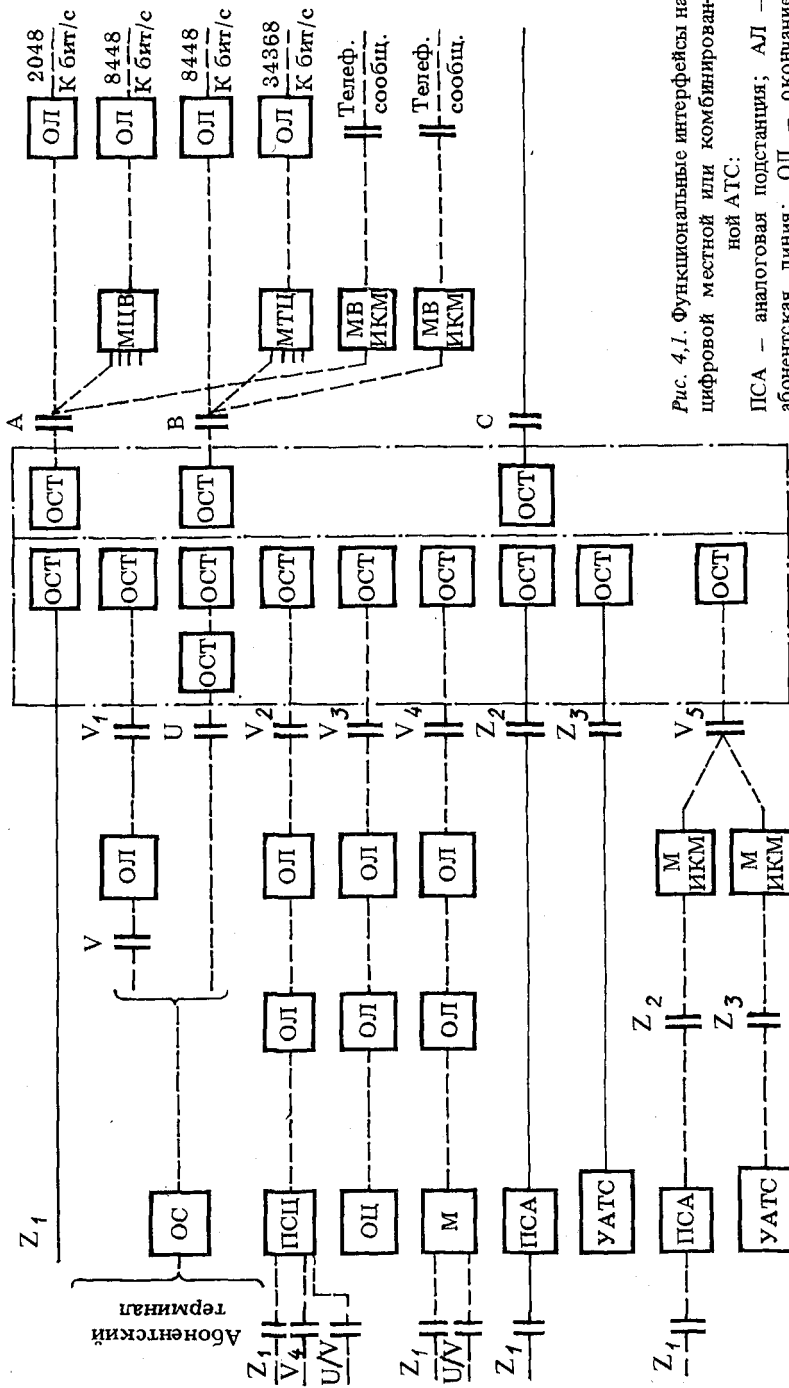


Рис. 4.1. Функциональные интерфейсы на цифровой местной или комбинированной АТС:

ПСА – аналоговая подстанция; АЛ – абонентская линия; ОЛ – окончание линейное; УАТС – уружденческая АТС; МЦВ – мультиплексор/демультиплексор цифровой; ОС – окончание станционное; ПСЦ – мультиплексор/демультиплексор вторичной ЦСП; ОЦ – окончание сетевое; МТЦ – мультиплексор/демультиплексор третичный цифровой; ОЦ – окончание цифровое; ПСЦ – подстанция цифровая; М – мультиплексор; М – ИКМ мультиплексор ИКМ (сплошные линии – аналоговая линия; штриховые – цифровая)

(абонентских, от подстанций и учрежденческих АТС в устройства, обеспечивающие доступ к цифровой станции). Характеристики стыков Z в значительной степени зависят от национальных особенностей сетей.

В транзитные цифровые АТС линии и каналы включаются через стыки A , B и C , аналогичные рассмотренным для станций местных сетей.

4.2. ОРГАНИЗАЦИЯ СТЫКА АНАЛОГОВОЙ АЛ С ЦИФРОВОЙ АТС

4.2.1. Формулировка проблемы

При создании и внедрении цифровых АТС возникла проблема реорганизации абонентского стыка, т.е. проблема включения в цифровую АТС аналоговой АЛ с аналоговым телефонным аппаратом.

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

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

Однако и внедрение в сети цифровых телефонных аппаратов не снимает проблемы организации абонентского стыка, а лишь облегчает и видоизменяет ее. Кроме того, производство и внедрение этих аппаратов встречаются с рядом трудностей. Прежде всего, необходимы большие капитальные затраты на создание предприятий по производству цифровых телефонных аппаратов, стоимость которых в результате этого оказывается значительно выше стоимости обычного аппарата. Абоненты АТС не испытывают желания покупать их. Кроме того, у абонентов уже имеются аналоговые телефонные аппараты (в настоящее время только замонтированная емкость АТС в мире составляет 500 млн номеров). Точного количества телефонных аппаратов в мире никто не знает, но с уверенностью можно сказать, что их намного больше, чем указанная цифра. Абоненты не соглашаются заменять эти работоспособные аппараты. И, наконец, администрация связи различных стран все чаще высказывается за производство не отдельного цифрового телефонного аппарата, а за абонентский многофункциональный терминал, обеспечивающий телефонный разговор, передачу данных, факсимильных сообщений и др. Такое решение согласуется с происходящей перестройкой телефонных сетей и созданием интегральных цифровых сетей связи (ИЦСС) и цифровых сетей интегрального обслуживания (ЦИО).

Сложные проблемы, возникающие при использовании аналоговых теле-

Табл. 4.1. Описание функций BORSCHT

Буква аббре- виату- ры	Имя функции по-английски и его русский перевод	Описание функции
B	Battery feed (Запитка микрофонов)	К абонентской линии прикладывается напряжение, необходимое для запитки угольных микрофонов ($U_{\text{ном}} = 60 \text{ В}$, $I_{\text{ном}} = 20 \text{ мА}$)
O	Overvoltage protection (Защита от опасных напряжений)	Оборудование АТС с помощью специальных устройств защищается от возможного попадания со стороны абонентских линий напряжения 220 (380) В, а также от напряжений при ударе молнии в АЛ
R	Ringin (Вызывной сигнал)	Вызываемому абоненту посылается сигнал "Вызов" (посылка – $0,8 \pm 0,1 \text{ с}$, пауза – $3,2 \pm 0,3 \text{ с}$) частотой 25 Гц и напряжением $U_{\text{ном}} = 95 \text{ В}$. Этот сигнал принимается звонковой цепью телефонного аппарата
S	Supervision часто Signalling (Наблюдение)	Приборы АТС должны зафиксировать акты поднятия микротелефонной трубки вызывающим и вызываемым абонентами, а также обеспечить прием цифр номера вызываемого абонента
C	Codec часто Coding (Кодирование)	Аналоговый сигнал, поступающий по АЛ, преобразуется в ИКМ сигнал и наоборот
H	Hybrid (Дифсистема)	Аналоговая линия является двухпроводной, а передача ИКМ сигналов – четырехпроводной. Поэтому осуществляется преобразование двухпроводного тракта в четырехпроводной и наоборот
T	Test часто Testing (Контроль)	Осуществляется контроль за работой устройств, выполняющих вышеперечисленные функции. Кроме того, производится периодический контроль состояния АЛ и телефонного аппарата

фонных аппаратов в цифровых АТС, описываются аббревиатурой BORSCHT (русская транскрипция – БОРЩ). Расшифровка аббревиатуры приведена в табл. 4.1.

Как следует из этой таблицы, при организации абонентского стыка цифровой АТС приходится решать следующие группы проблем:

1) согласование по форме передаваемого речевого сигнала (функция Codec – кодирование) и в связи с этим переход от двухпроводной схемы раз-

говорного тракта к четырехпроводной и наоборот (функция Hybrid – дифсистема);

2) согласование по уровням передаваемых сигналов: в сторону телефонного аппарата подаются сигналы высокого уровня (Battery feed, Ringing), в сторону АТС эти сигналы не должны подаваться, так как цифровые АТС построены на БИС и СБИС с питанием 5...12 В;

3) обеспечение сигнализации на участке телефонный аппарат – ввод в цифровую АТС (функция Supervision) из-за того, что функция наблюдения реализуется обычным для аналоговых АТС способом.

Функции Test и Overvoltage protection не относятся прямо к проблеме организации абонентского стыка, однако их реализация позволяет автоматизировать процесс эксплуатации оборудования АТС и АЛ, а также защитить приборы и персонал АТС от опасных напряжений.

4.2.2. Включение АЛ в систему ЭАТС 200

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

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

Структурная схема платы SLU16C показана на рис. 4.3. На схеме показаны цепи одной АЛ (вызывное реле ReA, дифсистема, полосовой фильтр, фильтр высокой частоты (ФВЧ), мост питания, детектор пробы), а также цепи, общие для группы из восьми АЛ (мост питания вызывного напряжения, тестовое реле, демультиплексор, мультиплексор, блок контроля, детектор поднятия микрофонной трубки). На каждые 16 АЛ имеется один фильтр сглаживания напряжения питания АЛ.

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

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

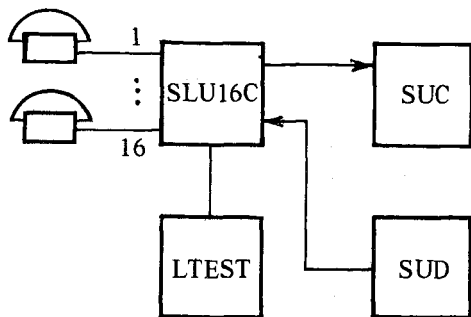


Рис. 4.2. Включение аналоговой АЛ в ЭАТС 200:

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

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

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

Аналогично вызываемому абоненту передается сигнал "Контроль отправки вызова".

Если вызываемый абонент ответил во время отправки сигнала "Вызов", детектор поднятия микрофонной трубки регистрирует прохождение постоянного тока в одной из 8 АЛ. После этого детектор поднятия микрофонной трубки блокирует цепи подачи сигналов управления сразу 8 вызывным реле (вне зависимости от того, посылаются через них сигналы вызова или нет) и передает сигнал \overline{CRING} в процессор абонентской сигнализации. Затем происходит отпускание вызывных реле и подключение их к дифсистеме. Детектор пробы определяет АЛ, абонент которой ответил на сигнал "Вызов", и через



Рис. 4.4. Структурная схема кодера SUC

мультиплексор посылает сигнал LOOP в процессор абонентской сигнализации. С помощью сигналов \overline{CL} и \overline{EN} этот процессор прекращает подачу сигнала "Вызов" ответившему абоненту (вызывное реле не получает сигнала управления и остается подключенным к дифсистеме). Для других абонентов, получающих сигнал "Вызов", эти реле будут вновь возвращены в исходное состояние.

* Во время разговора АЛ через вызывное реле подключена к дифсистеме. Передающий тракт через полосовой фильтр подключен к кодеру, а приемный — к декодеру. Управление кодером и декодером осуществляется процессором абонентской сигнализации, находящимся на плате декодера. Один процессор обслуживает один кодер и один декодер (или 64 АЛ). Кроме того, кодер осуществляет концентрацию нагрузки (сигналы 64 АЛ распределяются на 30 канальных интервалов линии ИКМ-30).

Дифсистема платы SLU16C выполнена по трансформаторной схеме.

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

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

Поступающие из плат SLU16C речевые сигналы поступают на схемы SUC. Мультиплексор, управляемый процессором абонентской сигнализации SSP, осуществляет пред-

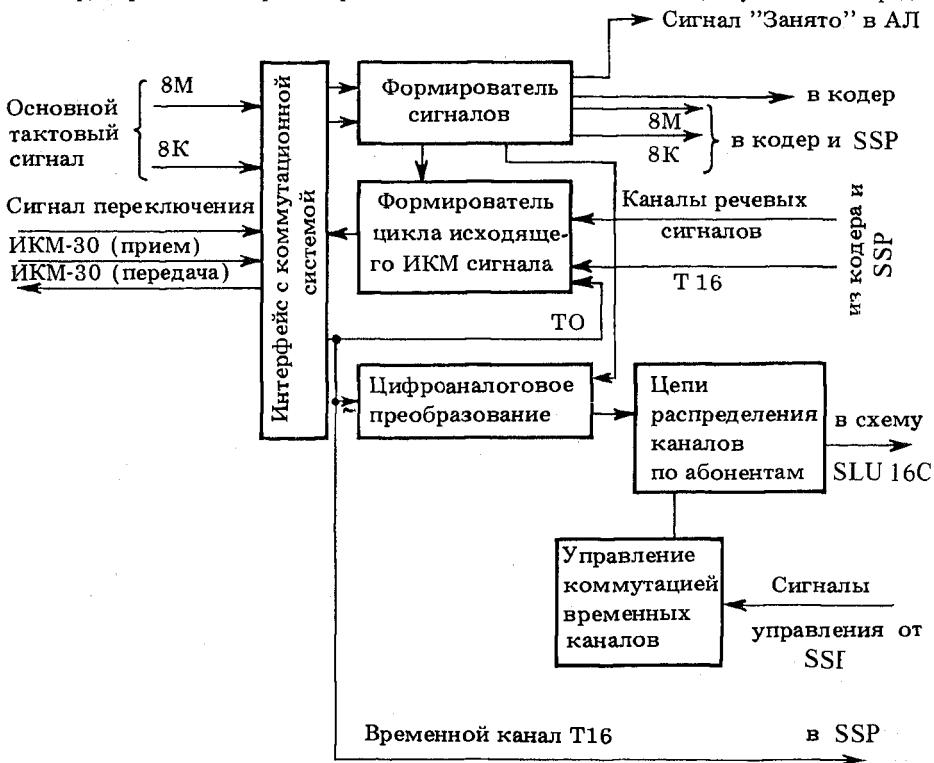


Рис. 4.5. Структурная схема декодера SUD

варительную концентрацию нагрузки (каждому из 64 АЛ предоставляется один из 30 временных каналов внутренней линии ИКМ-30; при отсутствии свободных временных канальных интервалов абоненту подается сигнал "Занято").

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

Схема обратной передачи в декодер обеспечивает процедуры технической эксплуатации кодера SUC.

Структурная схема декодера SUD показана на рис. 4.5.

Отметим особенности реализации абонентского стыка в цифровой ЭАТС 200:

- 1) для развязки цепей питания и контроля с электронными цепями низкого напряжения используются миниатюрные электромагнитные реле (вызывное и тестовое реле);
- 2) кодирование (декодирование) речевых аналоговых сигналов, поступающих с АЛ, и их временное уплотнение (обратное преобразование) осуществляются групповым кодером (декодером);
- 3) дифсистема выполнена по трансформаторной схеме.

По сведениям фирмы Siemens, стоимость устройств согласования абонентских и соединительных линий составляет около 70 % стоимости всей цифровой системы коммутации. Поэтому становятся понятными усилия многих разработчиков телефонной аппаратуры по созданию специализированных БИС для абонентских комплектов, что позволяет значительно сократить их стоимость (иногда до 40 %).

4.2.3. Абонентский комплект цифровой АТС АХЕ 10

Для цифровой системы АХЕ 10 шведская фирма L.M. Ericsson Telephone Co. разработала второй вариант абонентского комплекта (рис. 4.6). Как следует из рисунка, лишь две функции (TEST и RING) выполняются в данном комплекте с помощью герконовых реле, а все остальные — либо аппаратно (микросхемы SLIC и SLAC), либо с помощью

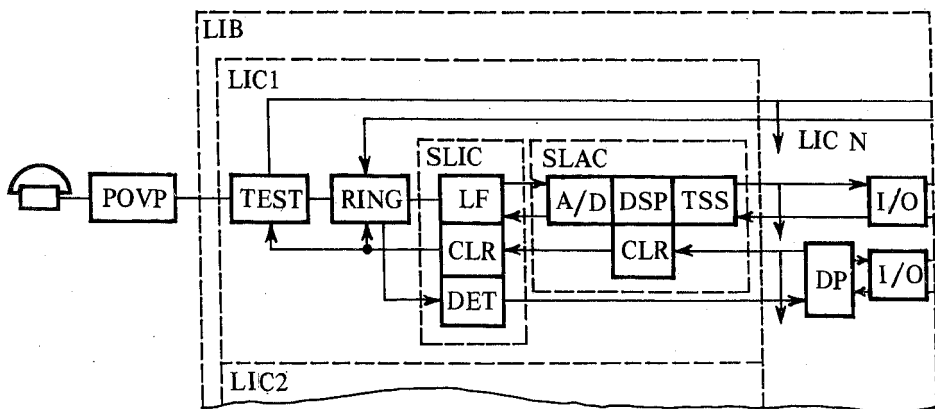


Рис. 4.6. Структурная схема абонентского комплекта цифровой АТС АХЕ 10:

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

микропроцессора программно (один микропроцессор обслуживает 8 АЛ с комплектами). На одной стандартной плате помещаются 8 абонентских комплектов.

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

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

Некоторые фирмы объявили о создании абонентских комплектов, в состав которых наряду с БИС входят реле.

4.2.4. Полностью электронный абонентский комплект цифровой АТС D 70

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

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

Табл. 4.2. Распределение функций BORSCHT по элементам абонентского комплекта станции D 70

Функция	Рабочее напряжение, В	Распределение функций	
		по корпусам БИС	по другим элементам
Battery Feed	60	B:	Грозозащитники
Oversvoltage Protection	200 ... 5000	O:	RT
Ringing	320	R:	BSH
Supervision	10 ... 60	S:	
Coding	10	C:	CODEC
Hybrid	10	H:	
Test	320	T:	Схема подключения к контролю
Управление комплектом			CONT

Табл. 4.3. Общие характеристики БИС абонентского комплекта АТС D 70

Параметр	RT	BSH	CONT	CODEC
Допустимые напряжения, В	400	75	15	15
Структура микросхемы	Биполярная и переключатели	Биполярная	КМОП	КМОП
Число элементов внутри БИС	14 переключателей + 300	550	360	5000
Размеры пластинки микросхемы, мм	5,0 × 4,4	4,4 × 4,0	3,0 × 2,6	7,0 × 4,4
Количество выводов микросхемы	22	28	22	16
Потребляемая мощность, мВт	90	93	2	2

Распределение функций BORSCHT по специализированным БИС показано в табл. 4.2. Структурная схема абонентского комплекта станции D 70 приведена на рис. 4.7, а общие характеристики БИС абонентского комплекта – в табл. 4.3.

Восемь абонентских комплектов размещены на одной плате размером 200 × 280 мм. Абонентский комплект АТС D 70 обладает следующими отличительными особенностями:

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

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

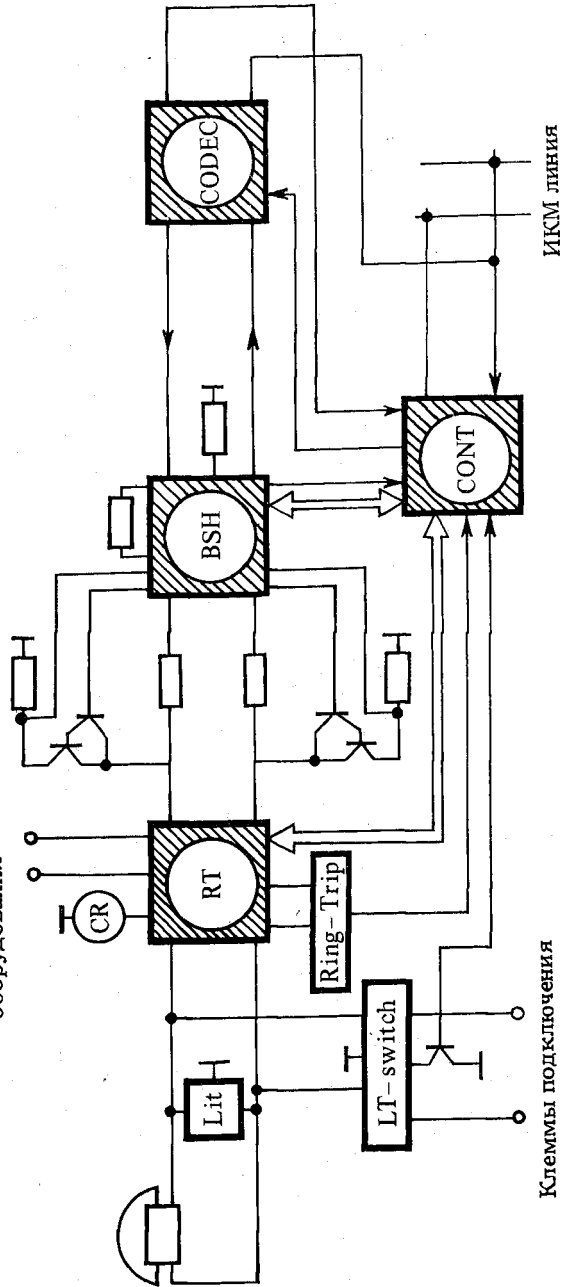
4.3. СОПРЯЖЕНИЕ ЦИФРОВОЙ АТС С АНАЛОГОВЫМИ ФИЗИЧЕСКИМИ СОЕДИНИТЕЛЬНЫМИ ЛИНИЯМИ

При внедрении цифровой АТС в существующую аналоговую телефонную сеть связь этой АТС с аналоговыми АТС может осуществляться двумя способами: 1) между цифровой и аналоговой АТС устанавливается цифровая система передачи, и в этом случае на цифровой АТС организуется цифровой стык; 2) для связи аналоговой и цифровой АТС используются существующие и вновь создаваемые физические соединительные линии – такое решение правомерно на начальных этапах создания цифровой телефонной сети.

Для каждой системы сигнализации аналоговых соединительных линий организуется отдельный стык. На рис. 4.8 показаны принципы согласования цифровой ЭАТС 200 с городскими станциями типа АТС-47, АТС-54, АТСК и АТСКУ по двухпроводным физическим соединительным линиям с сигнализацией постоянным током.

Согласующее устройство (рис. 4.9) условно можно разделить на две части: канальную и сигнально-синхронизационную. Схемы, размещенные в каналах согласующего устройства, преобразуют сигнальные послылки постоянного тока физических соедини-

Клеммы подключения
испытательного
оборудования



Клеммы подключения
линейного испытательного
оборудования

Рис. 4.7. Структурная схема абонентского комплекта АТС D 70:

LT-switch – схема подключения к линейному испытательному оборудованию; CR – генератор сигнала "Контроль посылки вызова
Ring-Trip – схема распознавания подъема микрофонной трубки абонентом; Lit – грозоразрядник

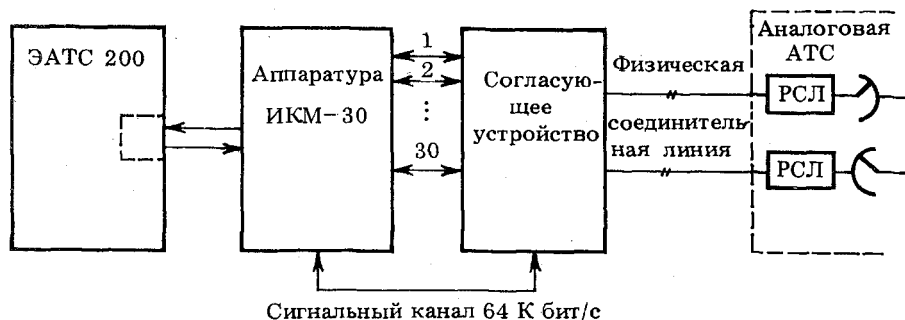


Рис. 4.8. Схема связи ЭАТС 200 с аналоговыми электромеханическими АТС с помощью физических соединительных линий (РСЛ – реле соединительных линий)

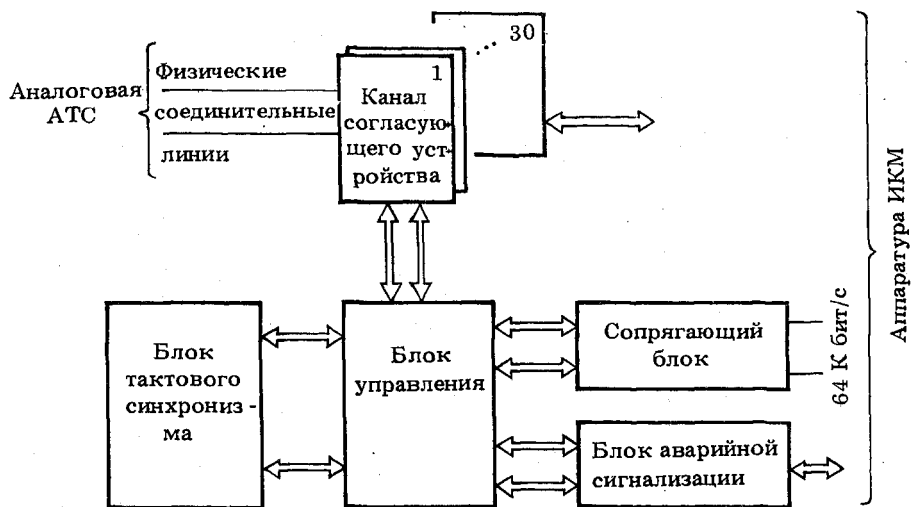


Рис. 4.9. Структурная схема согласующего устройства

тельных линий в сигналы, подаваемые в блок управления. Канальная часть не производит никакой логической обработки сигналов, поступающих из линий.

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

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

4.4. СОПРЯЖЕНИЕ ЦИФРОВЫХ АТС С ЦСП

Одно из самых важных преимуществ цифровых коммутационных систем состоит в создании единого цифрового представления информации в тракте "передача-коммута-

ция". Так, представление речевого сигнала в виде ИКМ сигнала (скорость — 64 К бит/с, 8 бит в кодовом слове) аналогично как для цифровых коммутационных систем, так и для аппаратуры ЦСП. Казалось бы, никаких проблем в отношении стыковки ЦСП и цифровых коммутационных систем быть не должно. Однако в действительности положение несколько иное. Во-первых, в телефонной сети могут использоваться (и реально используются) ЦСП, не входящие в иерархию систем передачи МККТТ (например, ИКМ-10, ИКМ-15, специальные ЦСП АЛ). Во-вторых, в силу особенностей построения цифровых КП структура циклов внутри них отличается от структуры циклов ЦСП. МККТТ определил, что не будет выдвинуто никаких требований относительно структуры циклов ИКМ трактов внутри цифровых систем коммутации. Разработчики цифровых АТС имеют возможность осуществлять временное уплотнение ИКМ потоков (вторичное мультиплексирование) в АТС по своему усмотрению, увеличивать длину кодового слова. В-третьих, кодирование слов в линии ИКМ и внутри АТС различается.

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

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

В настоящее время в телефонных сетях СССР начали применяться ЦСП АЛ, имеющие определенную специфику построения. Требования к цифровому стыку с такими ЦСП остаются принципиально такими же, как и для стандартных ЦСП.

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

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

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

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

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

- 1) установку блока ЕТ в состояние нормальной работы;
- 2) переключение блока ЕТ в режим диагностики;

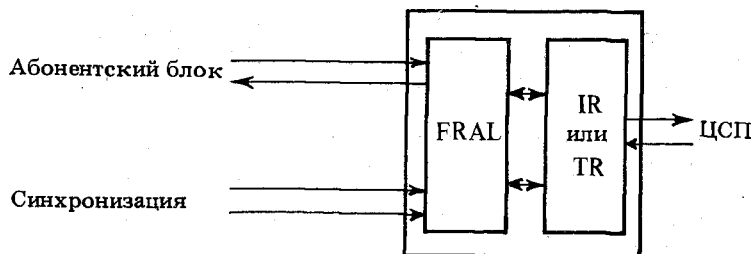


Рис. 4.10. Структура блока ЕТ для установки внутри удаленного коммутационного модуля

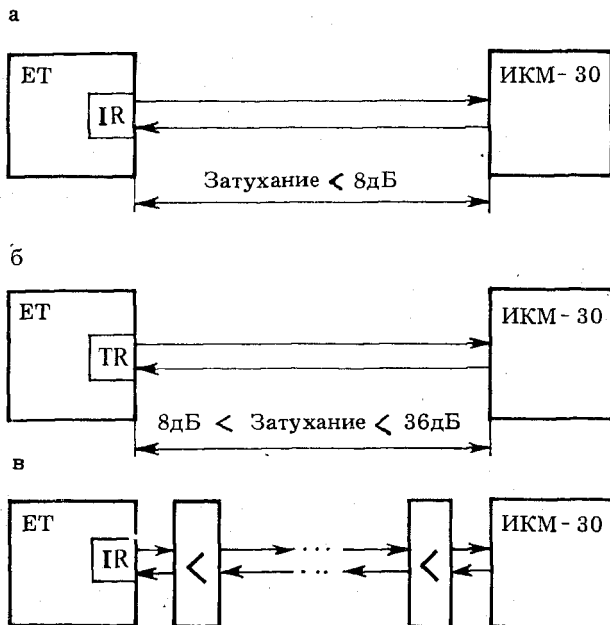


Рис. 4.11. Варианты комплектации блока ET

3) передачу сигнала аварии в коммутационную систему ЭАТС 200 и на дальний конец ЦСП.

Блок ET состоит из двух плат: блока цикловой синхронизации (FRAL) и регенератора (согласующего регенератора IR или стационарного регенератора TR) (рис. 4.10).

В зависимости от затухания линии, соединяющей блок ET с аппаратурой ИКМ-30 (либо со стационарным оборудованием ЭАТС 200), возможны три варианта комплектации ET (рис. 4.11, а-в).

4.5. ВКЛЮЧЕНИЕ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ С ЧРК

Аналоговые системы передачи с ЧРК составляют основу современных телефонных сетей. Согласно планам многих администраций связи, замена аналоговых систем передачи на ЦСП совместно с внедрением цифровых коммутационных систем будет осуществляться в течение 20...40 лет. Поэтому устанавливаемые цифровые системы коммутации еще долгое время будут работать совместно с аналоговыми системами передачи, и необходимо их согласование.

Сопряжение аналоговых и цифровых систем передачи и коммутации может быть обеспечено с помощью специальной аппаратуры трех видов: кодеров групповых сигналов с частотным разделением, трансмультиплексоров и модемов.

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

Если требуется соединение цифровых зон связи с помощью аналоговых систем передачи, могут быть использованы либо трансмультиплексоры, предназначенные для поканального преобразования групповых сигналов ЦСП в аналоговые сигналы и обратно,

либо модемы, функцией которых является преобразование цифровых потоков к виду, необходимому для их передачи в линейных трактах аналоговых систем передачи. Трансмultipлексоры позволяют более эффективно использовать пропускную способность аналоговых трактов при передаче в них сигналов отдельных каналов, однако с помощью модемов можно передавать цифровые сигналы с более высокой скоростью. Кроме того, модемы отличаются от трансmultipлексоров более низкой стоимостью.

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

Применение кодеров групповых сигналов с частотным разделением наиболее целесообразно для передачи по цифровым трактам широкополосных аналоговых сигналов (например, звуковое вещание студийного качества), и поэтому далее они рассматриваться не будут.

В период перехода от аналоговой сети к цифровой в ряде случаев оказывается выгодным передавать цифровые сигналы по аналоговым трактам. Преимущества такой передачи могут заключаться в более низкой стоимости образованного таким образом цифрового тракта или в скорости его организации. С этой целью применяются специальные модемы. Обычно они используют либо часть спектра стандартных групп, либо спектр выше рабочего спектра каналов в линейном тракте. Модемы этого вида стандартизованы Рекомендацией МККТТ Q.941.

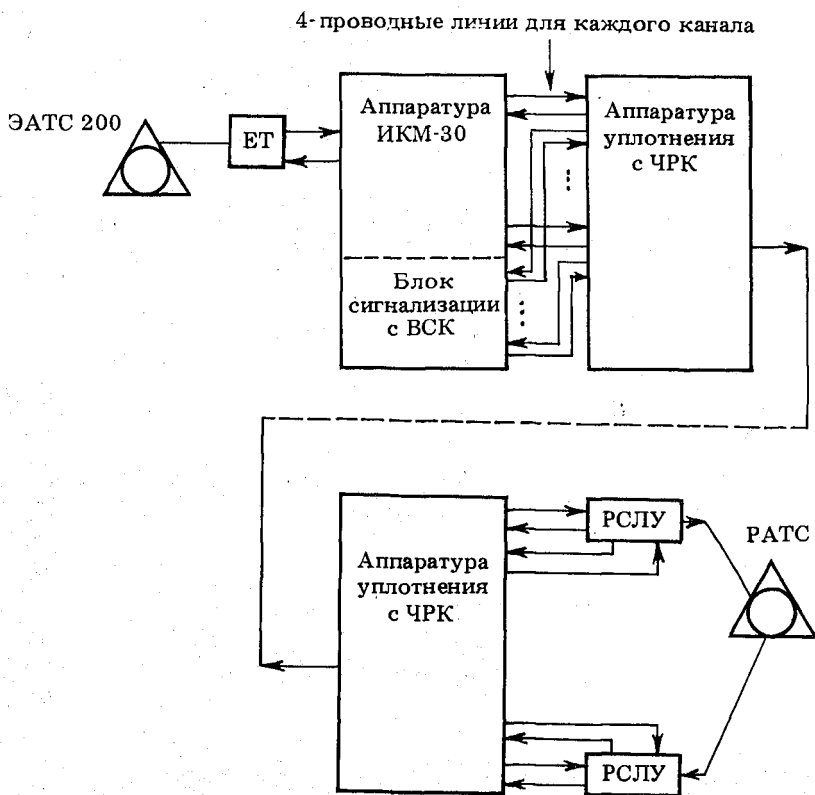


Рис. 4.12. Схема согласования оборудования ЭАТС 200 с ЧРК системой передачи с ВСК: РСЛУ — комплект реле соединительных линий универсальный; РАТС — районная АТС



Рис. 4.13. Общая схема цифрового трансмультиплексора:

$x(t)$, $x(nT)$ – групповые аналоговый и цифровой сигналы с ЧРК; $y_i(mnT)$ – цифровой сигнал i -го канала ($i = 1, 2, \dots, k$)

Известны модемы для передачи цифровых потоков со скоростью 2 М бит/с в трехканальных групповых трактах и модемы для передачи цифровых потоков со скоростью 8 М бит/с в четверичных групповых трактах аналоговых систем.

Можно выделить два основных подхода к реализации трансмультиплексоров: при первом подходе устройство создается на основе использования элементов имеющегося аналогового и цифрового каналаобразующего оборудования, при втором создается специальное устройство. Первый подход применяется, например, при внедрении в сети ЭАТС 200.

В ЭАТС 200 предусмотрены: соединение с ЧРК системой передачи с выделенным сигнальным каналом – ВСК (3825 Гц) (рис. 4.12) и соединение с ЧРК системой передачи с внутриканальной системой сигнализации (2600 Гц). В обоих случаях производится уплотнение аналоговых сигналов с ЧРК, причем в первом случае выделенные сигнальные каналы для всех речевых каналов подаются в блок сигнализации с ВСК, входящий в состав оборудования ИКМ 30. Во втором случае сигнализация подается внутри полосы разговорных частот, поэтому выделение этих сигналов осуществляется так же, как и при согласовании ЭАТС 200 с физическими соединительными линиями. Достоинством такого подхода является максимально возможное использование серийно выпускаемой аппаратуры. Согласующие устройства ИКМ также выпускаются серийно и поставляются заказчику по его требованию.

Цифровой трансмультиплексор, как было отмечено выше, служит для сопряжения систем с ЧРК и ВРК (рис. 4.13).

Групповой k -канальный аналоговый сигнал с ЧРК $x(t)$ имеет спектр

$$X(i\omega) = \sum_{i=1}^k X_i(i\omega),$$

где $X_i(i\omega)$ – спектры канальных сигналов, каждый из которых занимает полосу частот $\Delta\omega_i = \Delta\omega = \text{const}$. Групповой сигнал занимает полосу частот $[\omega_{\min}, \omega_{\max}]$, где $\omega_{\min} = 1\Delta\omega$; $\omega_{\max} = (1+k)\Delta\omega$.

Спектр $X^*(e^{i\omega T})$ группового сигнала $x(nT)$ периодичен с частотой дискретизации ω_0 :

$$X^*(e^{i\omega T}) = \frac{1}{T} \sum_{n=-\infty}^{\infty} X(i\omega + in\omega_0) = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^k \sum_{n=-\infty}^{\infty} X_i(i\omega + in\omega_0),$$

причем величина ω_0 выбирается из условий: $\omega_{\max} < \omega_0 < 2\omega_{\min}$ при $\omega_{\max} < 2\omega_{\min}$;

$2\omega_{\max} \leq \omega_0$ при $\omega_{\max} > 2\omega_{\min}$, $\omega_0 = \mu \cdot 2\Delta\omega$, $\mu = 1, 2, \dots$, а основной спектр (при $n = 0$) занимает полосу частот $|\omega| \in [\omega_{\min}, \omega_{\max}]$.

Спектр $Y_i^*(e^{i\omega T'})$ цифрового канального сигнала $y_i(mnT)$ периодичен с частотой дискретизации $\omega'_0 = \omega_0/m = 2\Delta\omega$:

$$Y_i^*(e^{i\omega T'}) = \frac{1}{mT} \sum_{n=-\infty}^{\infty} X_i(i\omega + in\omega'_0) = \frac{1}{mT} \sum_{n=-\infty}^{\infty} X_i^+(i\omega + in\omega'_0) + \frac{1}{mT} \sum_{n=-\infty}^{\infty} X_i^-(i\omega + in\omega'_0),$$

где $X_i^+(i\omega)$, $X_i^-(i\omega)$ соответствуют верхней ($\omega > 0$) и нижней ($\omega < 0$) полосам спектра i -го канального сигнала.

Основной спектр сигнала $y_i(mnT)$ занимает полосу частот $|\omega| \in [0, \Delta\omega]$.

Цифровой трансмультиплексор должен обеспечивать выделение канальных сигналов $y_i(mnT)$ из группового сигнала $x(nT)$ ЧРК с переносом спектров канальных сигналов в низкочастотную область (прямое преобразование) и формирование группового сигнала $x(nT)$ из отдельных канальных сигналов $y_i(mnT)$ (обратное преобразование).

Основными операциями в цифровом трансмультиплексоре при *прямом преобразовании* являются: цифровая фильтрация группового сигнала (для выделения спектров отдельных каналов); перенос спектра ВКС в область нижних частот и уменьшение частоты дискретизации канальных сигналов (децимация) до величины ω'_0 ; инверсия спектров отдельных канальных сигналов.

Основные операции в цифровом трансмультиплексоре при *обратном преобразовании*: цифровая фильтрация отдельных канальных сигналов с целью повышения частоты дискретизации (интерполяция); перенос спектра каждого канального сигнала в требуемую полосу частот; предварительная инверсия спектра отдельных канальных сигналов.

Для выполнения указанных функций предложено большое число структур цифровых трансмультиплексоров, которые можно сгруппировать в три основных типа: простейшие структуры; структуры с использованием процессора, осуществляющего быстрое преобразование Фурье; многоуровневые структуры.

Простейший цифровой трансмультиплексор, производящий прямое и обратное преобразования при сопряжении N -канальной ЧРК системы с ВРК системой, представляет собой совокупность $2N$ -полосовых цифровых фильтров (ЦФ) и вспомогательных элементов. На рис. 4.14 показана схема прямого преобразования для четырех каналов ($N = m = 4$).

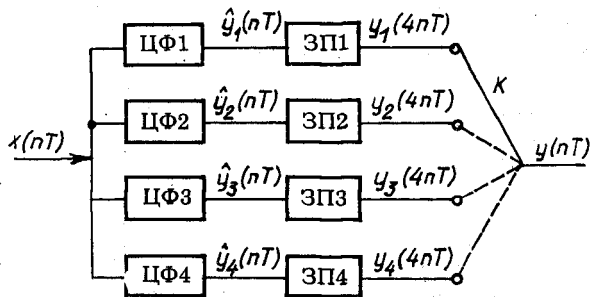


Рис. 4.14. Схема прямого преобразования в простейшем цифровом трансмультиплексоре ($N = m = 4$):

ЦФ — цифровые фильтры; ЗП — схемы запрета; К — коммутатор

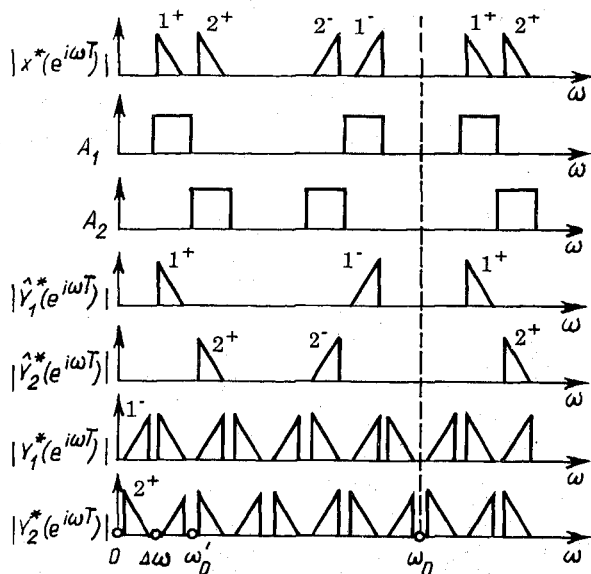


Рис. 4.15. Диаграммы выделения канального сигнала из группового двухканального

На вход схемы подается групповой ИКМ ЧРК сигнал $x(nT)$. Спектры сигналов четырех отдельных каналов $y_1(4nT), \dots, y_4(4nT)$ перенесены в область нижних частот; $y(nT)$ – групповой ИКМ ВРК сигнал, полученный с помощью коммутатора K .

Выделение отдельного канала осуществляется с помощью полосового ЦФ, а перенос спектра выделенного сигнала в область нижних частот – путем простого уменьшения частоты дискретизации выходного сигнала ЦФ в m раз с помощью схемы запрета. На рис. 4.15 поясняется принцип выделения канального сигнала из группового двухканального

($l = 1, N = 2$) с переносом спектра в низкочастотную область. На рисунке $X^*(e^{i\omega T})$ – спектр группового двухканального сигнала $x(nT)$; A_1, A_2 – идеализированные амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) ЦФ для выделения первого и второго каналов; $\hat{Y}_1^*(e^{i\omega T}), \hat{Y}_2^*(e^{i\omega T})$ – спектры сигналов $\hat{y}_1(nT)$ и $\hat{y}_2(nT)$ на выходах ЦФ, выделяющих первый и второй каналы; $Y_1^*(e^{i\omega T}), Y_2^*(e^{i\omega T})$ – спектры сигналов $y_1(mnT)$ и $y_2(mnT)$ после уменьшения частоты дискретизации. Как видно из рис. 4.15, в области нижних частот расположен либо прямой спектр выделяемого канала (для второго канала), либо инверсный спектр (для первого канала). Если необходимо инвертировать спектр (получить прямой спектр вместо инверсного) какого-либо канала, в соответствующую ветвь после элемента ЗП следует ввести устройство, изменяющее знак каждого второго отсчета.

На рис. 4.16 изображена схема обратного преобразования в простейшем цифровом трансмультиплексоре для четырех каналов. Основными элементами схемы являются четыре цифровых фильтра-интерполятора (ЦФИ), используемые для интерполяции и переноса спектров отдельных сигналов в область высоких частот.

В чистом виде задача интерполяции состоит в повышении частоты дискретизации сигнала с финитным спектром. Анализ процесса интерполяции в частотной области показы-

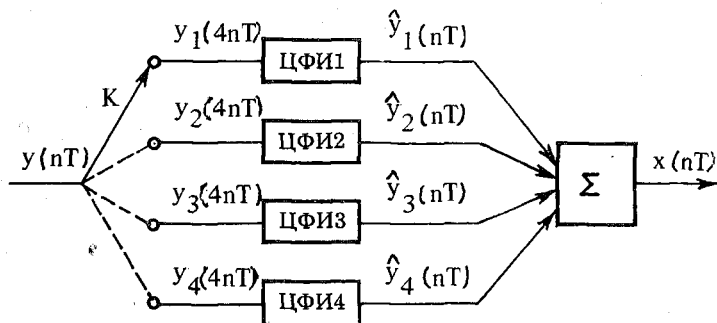


Рис. 4.16. Схема обратного преобразования в простейшем цифровом трансмультиплексе ($N = m = 4$)

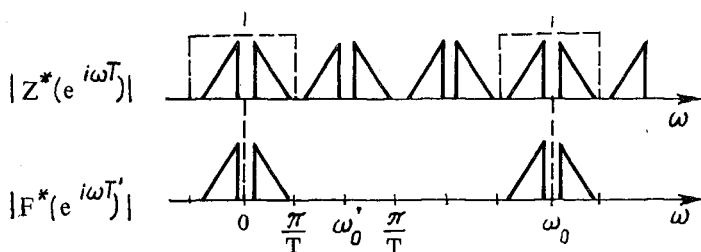


Рис. 4.17. Диаграммы интерполяции сигналов ($m = 3$)

вает, что этот процесс по существу представляет собой линейную цифровую фильтрацию интерполируемого сигнала.

Если $z(nT)$ – интерполируемый сигнал со спектром $Z^*(e^{i\omega T})$, а $f(\frac{n}{m}T)$ – сигнал после интерполяции (увеличение частоты дискретизации в m раз) со спектром $F^*(e^{i\omega T'})$, то, как видно из рис. 4.17, процесс интерполяции заключается в подавлении составляющих спектра сигнала $z(nT)$, лежащих в диапазоне $\{\pi/T, \pi/T'\}$. Эта задача может быть решена с помощью цифрового фильтра нижних частот (ФНЧ), на вход которого подается последовательность отсчетов

$$\tilde{z}(nT') = \begin{cases} z(\frac{n}{m}T) & \text{при } n = 0, m, 2m, \dots; \\ 0 & \text{при других } n. \end{cases}$$

Процесс интерполяции можно совместить с переносом спектра интерполируемого сигнала в требуемую полосу частот. Для этого достаточно в качестве фильтра-интерполятора использовать цифровой полосовой фильтр.

Сумматор $\{\Sigma\}$ (см. рис. 4.16) используется для объединения четырех сигналов $\hat{y}_1(nT), \dots, \hat{y}_4(nT)$ в один ИКМ ЧРК сигнал $x(nT)$.

Простейший цифровой трансмультиплексор имеет следующие недостатки: все ЦФ при прямом/обратном преобразовании оказываются разными, поскольку должны иметь

различные АЧХ; все ЦФ сложные. В результате нормированное количество арифметических операций в единицу времени в простейшем трансмультиплексоре в 4-5 раз выше, чем в других структурах.

Рекомендации МККТТ для трансмультиплексоров такого вида выполняются с запасом. Применение цифровой обработки вместо аналоговых операций обеспечивает хорошую долговременную стабильность устройства, которое может функционировать без профилактического обслуживания в течение заданного срока службы (15-25 лет). Потребляемая им мощность электропитания не превышает 1,3 Вт на канал. Стоимость его, большую часть которой составляет стоимость узлов высококачественного аналого-цифрового и цифроаналогового преобразования, меньше, чем трансмультиплексоров, построенных из элементов каналоформирующего оборудования ИКМ и аналоговых систем.

Сравнение обоих подходов к реализации трансмультиплексоров с учетом вышесказанного позволяет сделать следующие выводы.

1. Устройства обоих видов позволяют выполнить требования к качественным показателям, определяемые Рекомендациями МККТТ, при этом цифровая реализация отличается более высокой стабильностью и практически не требует обслуживания.

2. Реализация трансмультиплексора в соответствии с первым подходом проще и позволяет получить приемлемые габаритные размеры и небольшую потребляемую мощность электропитания. При цифровой реализации это условие может быть выполнено лишь при использовании специализированных БИС, что экономически оправдано лишь при достаточно большой серийности выпуска.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Предложите схему абонентского комплекта цифровой АТС для телефонного аппарата при следующих условиях:

а) схема телефонного аппарата осуществляет импульсно-кодовую модуляцию речевого сигнала;

б) скорость цифрового потока на входе/выходе телефонного аппарата составляет 64 К бит/с;

в) абонентская линия — четырехпроводная.

Какие функции будет выполнять такой абонентский комплект? Какой тип стыка при этом реализуется?

2. Предложите схему абонентского комплекта цифровой АТС, если:

а) схема телефонного аппарата позволяет осуществлять импульсно-кодовую модуляцию речевого сигнала, запоминать, посылать и получать пакеты речевых импульсов (кодовые слова речевых импульсов входят в пакеты с временным сжатием);

б) абонентская линия — двухпроводная, попеременно используется для передачи и для приема пакетов;

в) цифровая АТС осуществляет коммутацию каналов и работает в соответствии с принципами, изложенными в гл. 2.

3. На вход цифровой АТС включается линия с ЧРК, оборудованная аппаратурой К-60П. Нарисуйте схемы аналогового и цифрового трансмультиплексоров для согласования цифровой АТС и этой линии.

5. ОБЗОР ЦИФРОВЫХ АТС

5.1. ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Лабораторные макеты экспериментальных цифровых коммутационных систем изучаются с 1959 г. Результаты экспериментов опубликованы в 60-х гг., а первая цифровая АТС (типа Е 10 во Франции) была установлена в 1970 г. С этого времени о создании цифровых коммутационных систем сообщили все основные производители коммутационной техники.

Далее будут рассмотрены цифровые коммутационные системы, применяемые в городских, междугородных и международных телефонных сетях.

Для описания и оценки цифровых коммутационных систем используются следующие параметры: типы станций, которые можно построить из оборудования данной системы; пропускная способность (число абонентских линий (каналов), включаемых в станцию); нагрузка в час наибольшей нагрузки (ЧНН); производительность управляющих устройств (количество обслуженных вызовов в ЧНН); системы сигнализации; скорость передачи ЦСП, включаемых в станцию; первичное и вторичное мультиплексирование; характеристика КП; структура оконечного оборудования; принцип построения и организации управляющих устройств.

Прежде чем перейти к общему описанию современных цифровых коммутационных систем, сделаем несколько замечаний.

Первое замечание относится к так называемой "концепции единой машины", суть которой состоит в том, что создается единое базовое множество аппаратуры и средств программного обеспечения, из элементов которого строятся телефонные станции различных сетей (местные, узловые, междугородные и международные), центры технической эксплуатации этих станций и некоторые специальные службы. Именно поэтому большинство современных систем коммутации имеет стандартное КП и стандартные управляющие устройства, а согласование этих частей системы с конкретными телефонными сетями производится различного рода подсистемами применения. "Концепция единой машины" позволяет наиболее экономично производить разработку цифровых коммутационных систем в различных телефонных сетях.

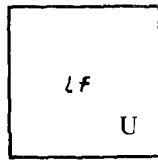
Второе замечание относится к вопросам реализации децентрализованного и распределенного управления в цифровых коммутационных системах.

В целом работа системы коммутации каналов может быть описана *системной функцией* f , которая состоит из последовательности операций O_i и определяется выражением $f = \{O_1, O_2, \dots, O_n\}$.

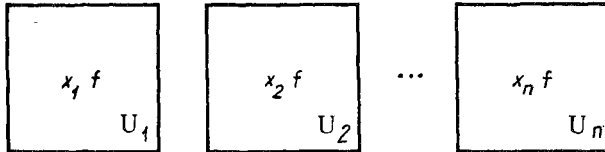
Реализация системной функции f в полном объеме означает выполнение АТС всех операций по установлению соединений, контролю, диагностике, оплате разговоров и т.д. На практике системная функция реализуется по частям благодаря выполнению подмножества операций $\{O_i\}$ (например, вследствие реализации операций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

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

а



б



в

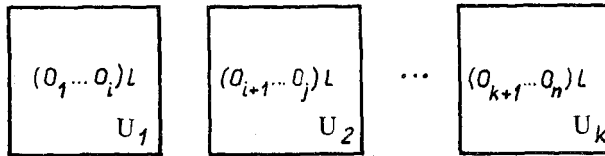


Рис. 5.1. Распределение системной функции f по функциональным блокам

1. Концентрация системной функции f в одном функциональном блоке U представляет собой многократную реализацию (l раз) функции f в этом блоке (рис. 5.1, а).

2. Предположим, что АТС составлена из n одинаковых функциональных блоков, при этом каждый блок U_i многократно реализует системную функцию f . Этим самым осуществляется *деконцентрация* системной функции f по n одинаковым блокам (рис. 5.1, б): $x_1 + x_2 + \dots + x_n = l$. При этом возможны два варианта дисциплины обслуживания поступающих на АТС заявок:

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

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

3. Пусть теперь АТС состоит из k функциональных блоков, но каждый блок реализует лишь часть операций, входящих в системную функцию f . Для полной реализации всей системной функции необходима совместная работа всех блоков. Такое распределение системной функции носит название *децентрализации* (рис. 5.1, в). Дисциплина обслуживания заявок на АТС при децентрализации называется *распределением функций*.

Очевидно, что объединение (централизация) этих функциональных блоков в один приведет к варианту, рассмотренному¹ выше, – к концентрации системной функции в одном блоке или в более общем случае к деконцентрации f на n одинаковых блоках. Таким образом, если используется один функциональный блок, понятия концентрации и централизации совпадают. В литературе по связи применяется понятие “централизация”

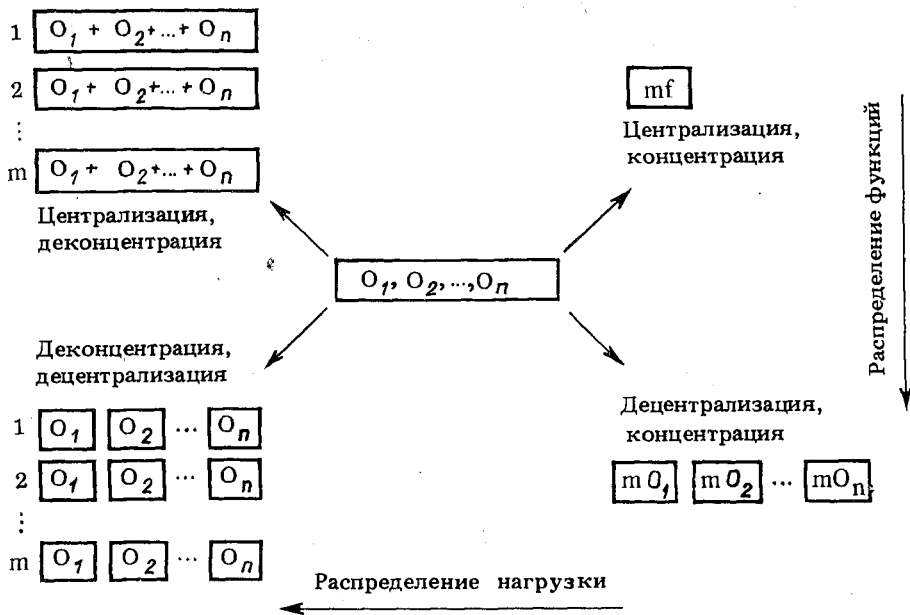


Рис. 5.2. Иллюстрация принципа распределенности системы

(например, центральное управляющее устройство), хотя следовало бы говорить о централизации функций в одном или нескольких функциональных блоках.

При рассмотрении децентрализации системной функции и введении понятия "распределение функций" не оговаривалась возможность подчинения одних операций системной функции другим. Введя отношение подчиненности в процесс децентрализации системной функции, подойдем к еще одному понятию — *иерархии*. Можно выделить два уровня иерархии: *иерархию операций* и *иерархию функциональных блоков*, по которым распределены операции.

Система коммутации каналов в целом характеризуется степенью выполнения в ней четырех принципов: концентрации — деконцентрации и централизации — децентрализации (рис. 5.2).

Общие соотношения, приведенные на рис. 5.2, позволяют ввести еще одно важнейшее понятие. Будем называть систему коммутации каналов *распределенной*, если при ее построении использовались глубокая децентрализация (распределение функций) и децентрализация (распределение нагрузки).

Такое определение обладает рядом особенностей:

- 1) оно является общим, не требующим уточнений;
- 2) оно не нуждается в каких-либо конструктивных добавлениях (например, удаленного концентратора, удаленного коммутационного модуля и т.д.);
- 3) нет точных границ степени распределенности (распределенные системы коммутации могут быть построены разными способами в зависимости от принятых проектных решений).

Традиционно в цифровых коммутационных системах говорят о распределенности управления и распределенности коммутации.

5.2. ЦИФРОВЫЕ КОММУТАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ С ПОЛЕМ ПЕРВОГО КЛАССА

5.2.1. ITS

В систему ITS (фирма TWR VIDAR, US) входят станции ITS 4, ITS 5 и ITS 4/5. Общие характеристики станций ITS 4 и ITS 5 приведены в табл. 5.1.

Табл. 5.1. Характеристики станций ITS 4 и ITS 5

Тип станции	Назначение	Емкость, тыс. АЛ/СЛ	Нагрузка, Эрл	Количество вызовов в ЧНН	Структура КП
ITS 4	Транзитная	-/3	3072	120 000	S-T-S
ITS 5	Местная	12,7/1,1	3072	40 000	S-T-S

Примечание: АЛ – абонентская линия; СЛ – соединительная линия.

Табл. 5.2. Спецификация станции ITS 4/5

Показатель	Тип станции	
	местная	совмещенная
Предельная емкость	12 768 АЛ + 11 491 СЛ	3072 канала
Пропускная способность, Эрл		1536
Количество обслуженных вызовов в ЧНН		20 000
Структура КП	S-T-S с вторичным мультиплексированием	T : 384 × 384,8
	S : 8 × 8,384	
Структура КП удаленного концентратора и концентратора		T : 336 × 48,8

Станция ITS 4/5 была первой цифровой АТС, внедренной в Северной Америке в 1976 г. (США). Ее структурная схема показана на рис. 5.3, а спецификация – в табл. 5.2.

Цифровое КП имеет структуру S-T-S и позволяет включать до 128 ИКМ-24. Поле является неблокируемым. Структурные параметры поля приводились в гл. 3.

Удаленные концентраторы и концентраторы имеют цифровое КП типа T. Кодеры расположены в LSS, RSS и VB3, используется 8-битовое кодовое слово при μ -законе компандирования. Кодеры групповые, обслуживают 12 АЛ.

Первичное мультиплексирование объединяет 24 цифровых сигнала в цифровой поток, имеющий скорость 1544 К бит/с (ИКМ-24). Вторичное мультиплексирование – 386 канальных интервалов, скорость потока 3088 К бит/с. Преобразование последовательного кода в параллельный осуществляется во вторичном мультиплексе.

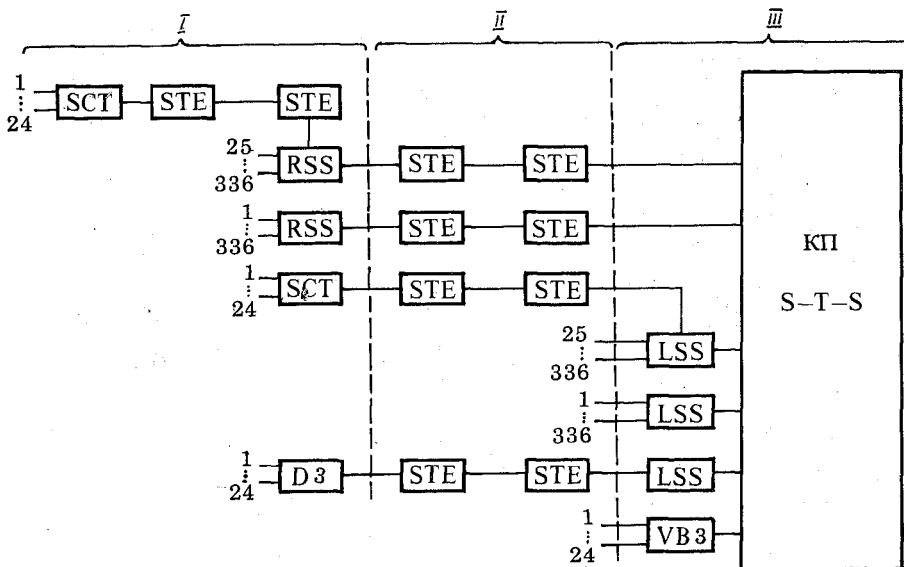


Рис. 5.3. Структурная схема станции ITS 4/5:

SCT – терминал удаленных абонентов; STE – полукомплект ЦСП ИКМ-24; RSS – удаленный концентратор; LSS – концентратор; D3 – блок цифровых сигналов; VB3 – банк речевых сигналов; I – удаленное оборудование; II – системы передачи; III – оборудование опорной АТС

Процессоры управления расположены в RSS, LSS и цифровом КП. Процессор КП аналогичен процессору системы №4ESS.

5.2.2. HDX 10

Первая цифровая АТС системы HDX 10 фирмы Hitachi (Япония) была введена в строй в январе 1982 г. в Шри-Ланке. Диапазон применения и емкости станций системы HDX 10 иллюстрирует рис. 5.4.

Особо следует подчеркнуть, что система HDX 10 (как и FETEX-150) позволяет строить АТС максимально большой емкости – до 120 000 абонентских линий, при этом управляющие устройства станции в состоянии обработать до 720 000 вызовов в час. После небольшого дооборудования система HDX 10 может использоваться и как международная АТС.

Достижение такой большой емкости стало возможным благодаря ряду принятых решений, среди которых отметим следующие:

1) в значительной степени реализованы распределенное управление и распределенная коммутация. В частности, в отличие от АТС системы ITT 1240 (System 12) разрешено установление соединения внутри станционного терминального модуля без выхода на групповую коммутационную ступень DSU (рис. 5.5). Глубокое распределение управления и коммутации реализовано также благодаря разработанному принципу двухмерного структурированного программного обеспечения;

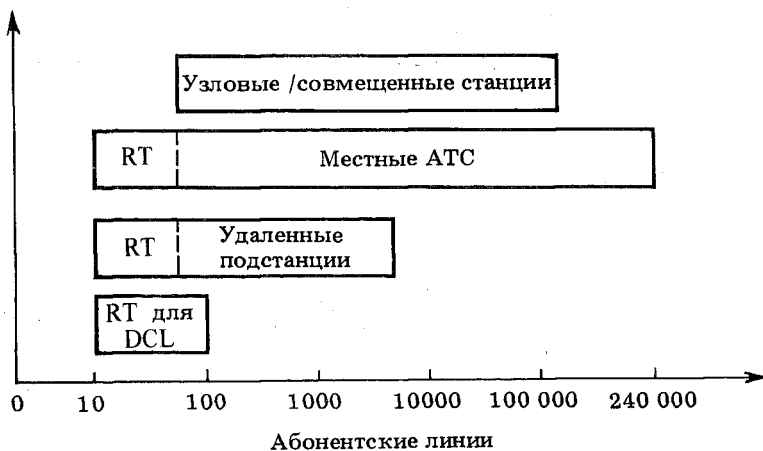


Рис. 5.4. Диапазон применения и емкостей системы HDX 10:
RT – удаленный терминал; DCL – удаленный концентратор

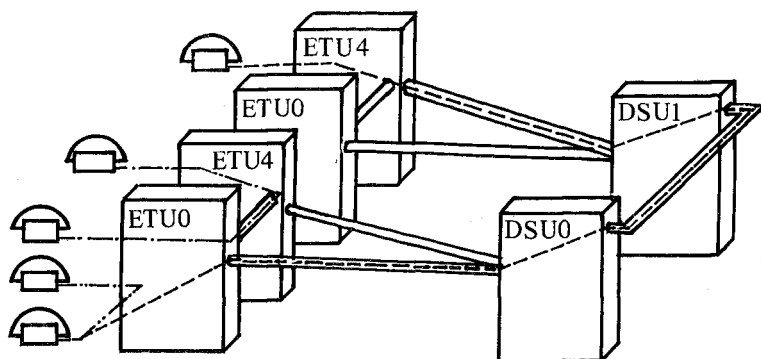


Рис. 5.5. Разрешенные внутримодульные и межмодульные соединения в системе HDX 10

2) тщательно продуман способ модульного построения станций с распределением функций управления и коммутации по этим модулям.

Рассмотрим в самом общем виде принципы модульного построения коммутационной части АТС HDX 10. Базовой единицей этой АТС является станционный терминальный модуль ETU. В его состав входят электронные абонентские комплекты SLIC, осуществляющие функции BORSCHT, пространственная ступень коммутации S и терминальный процессор TP. В один модуль ETU может быть включено до 1000 абонентских линий (см. рис. 5.6). Для АТС емкостью от 1000 до 5000 абонентских линий необходимо использовать от двух до пяти модулей ETU. S -ступени этих модулей связываются между собой стандартными ЦСП с ИКМ сигналом. Для построения станций емкостью от 5000 до 240 000 абонентских линий используются модули групповой коммутации DSU (рис. 5.6), которые имеют КП типа $T-S-T$. Один модуль DSU предназначен для подключения до пяти модулей ETU.

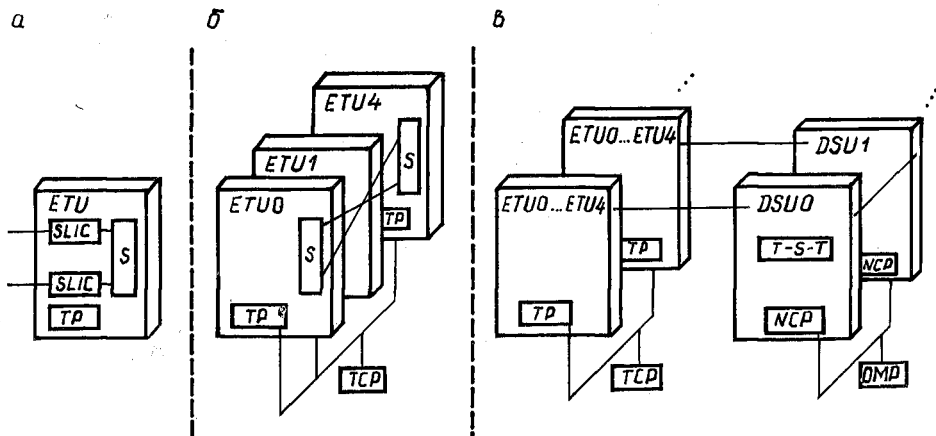


Рис. 5.6. Принцип построения АТС различной емкости из модулей системы HDX 10: а – АТС малой емкости (до 1000 АЛ или 480 каналов); б – АТС емкостью от 1000 до 5000 АЛ или от 480 до 2400 каналов; в – АТС большой емкости (от 5000 до 240 000 АЛ или 2400 до 60 000 каналов); ETU – стационарный терминальный модуль; SLIC – электронный абонентский комплект, реализующий функцию BORSCHT; S – пространственная ступень коммутации (S-ступень); TP – терминальный процессор; TCP – терминальный вызывной процессор; DSU – модули групповой ступени коммутации; T-S-T – тип КП DSU; OMP – процессор административного управления и техобслуживания; NCP – вызывной процессор КП

Конструкция АТС HDX 10 компактна. Например, площадь, занимаемая АТС на 10 000 АЛ, равна $9,5 \times 4 \text{ м}^2$. Выпускаются три модификации АТС в виде контейнеров: на 40 000 АЛ (длина $12 \times$ ширина $2,4 \times$ высота $2,6 \text{ м}$); на 2000 АЛ ($6 \times 2,4 \times 2,6 \text{ м}$); на 1000 АЛ ($3 \times 2,4 \times 2,6 \text{ м}$).

5.3. ЦИФРОВЫЕ КОММУТАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ С ПОЛЕМ ВТОРОГО КЛАССА

5.3.1. FETEX-150

Цифровая коммутационная система FETEX-150 была разработана специалистами фирмы Fujitsu (Япония). Первая АТС введена в строй в Сингапуре в 1982 г. В 1986 г. более 300 станций находились в эксплуатации в разных странах (в станции включено около 3 млн линий).

FETEX-150 относится к классу систем максимальной емкости. Спецификация ее приведена в табл. 5.3.

Структурная схема АТС FETEX-150 представлена на рис. 5.7.

Описание удаленного концентратора и концентратора приведено в гл. 3. КП построено по типу T-S-T, с вторичным мультиплексированием и параллельной коммутацией кодовых слов (рис. 5.8). T-ступени разработаны в виде отдельных модулей, пропускная способность модуля 380 Эрл. Связь между модулями T-ступеней осуществляет S-ступень.

ЗУ получения сигналов (RSM) и ЗУ посылки сигналов (SSM) являются буферными; сюда записывается (считывается) сигнальная информация, на-

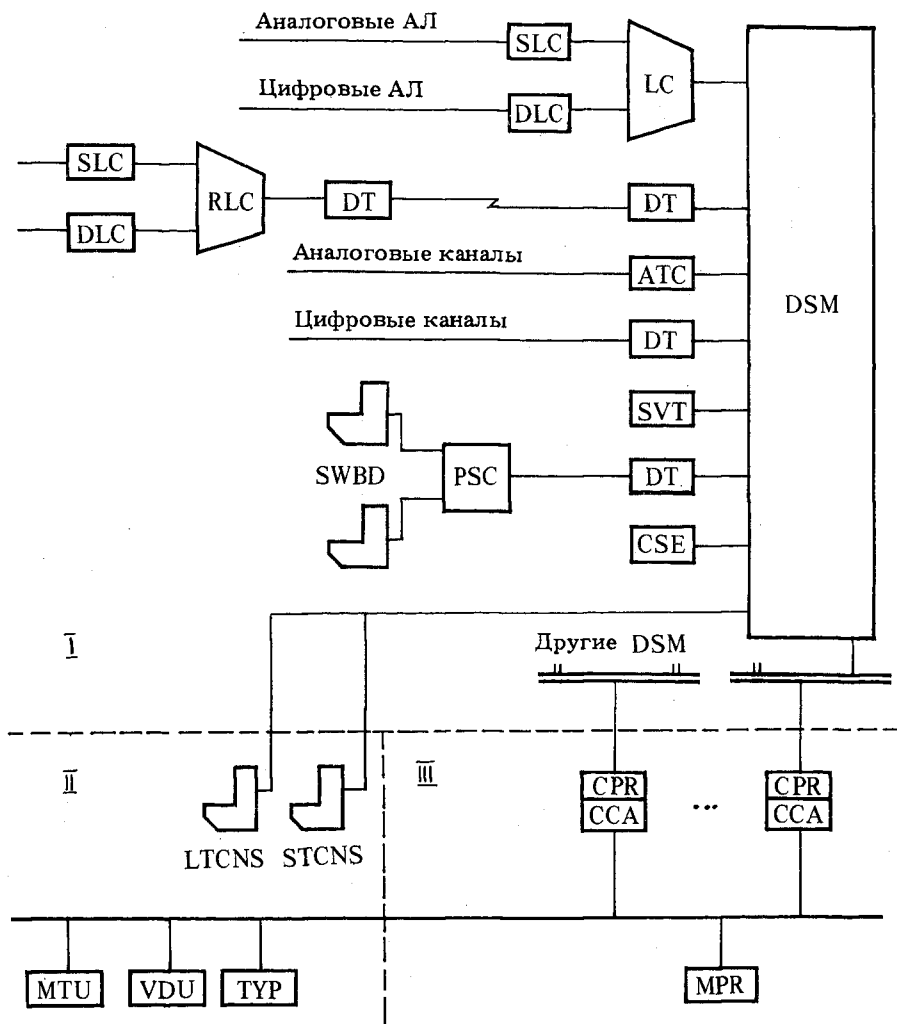


Рис. 5.7. Структурная схема АТС FETEX-150:

I – подсистема разговорного тракта; *II* – подсистема техобслуживания; *III* – подсистема центральной обработки вызова; АТС – блок включения аналоговых каналов; DT – блок включения цифровых каналов; SVT – блок канала обслуживания; CSE – блок общего канала сигнализации; SLC – абонентский комплект аналоговых АЛ; DLC – абонентский комплект цифровых АЛ; LC – концентратор; RLC – удаленный концентратор; DSM – цифровое КП; SWBD – коммутатор; PSC – контроллер коммутатора; CPR – вызывной процессор; LTCNS – панель обслуживания линейного оборудования; STCNS – панель техобслуживания и управления; MTU – накопитель на магнитных дисках; VDU – дисплей; TYP – печатающее устройство; CCA – адаптер каналов; MPR – основной процессор

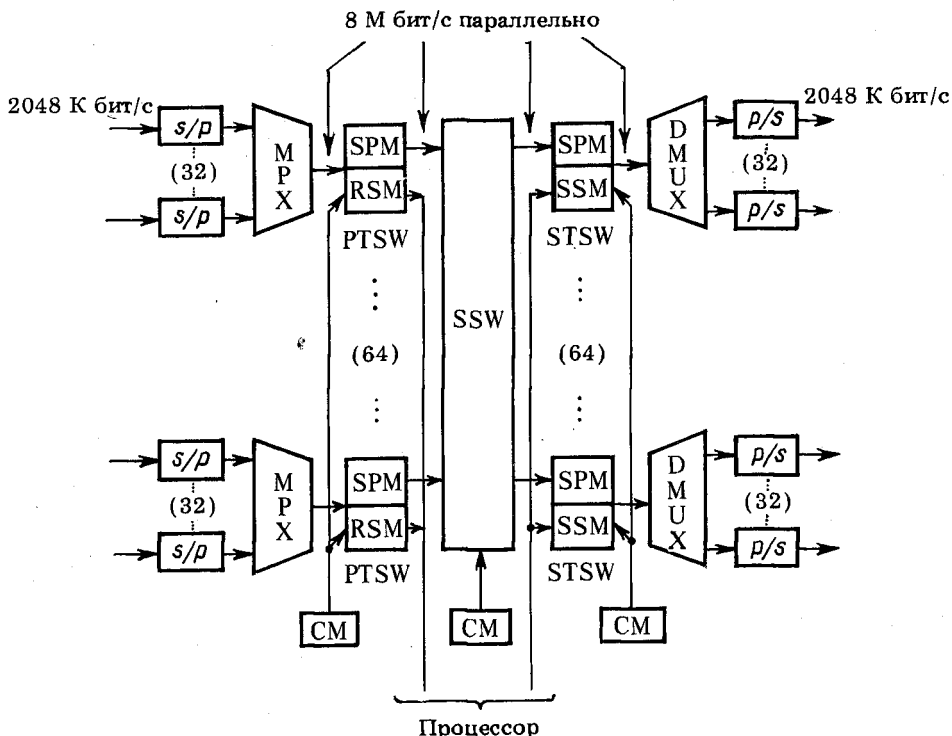


Рис. 5.8. Цифровое КП АТС FETEX-150:

s/p, p/s – преобразователи последовательного кода в параллельный и наоборот; *MPX, DMUX* – мультиплексор и демultipлексор; *SPM* – речевое ЗУ; *RSM* – ЗУ получения сигналов; *SSM* – ЗУ послышки сигналов; *PTSW* – входящая *T*-ступень; *STSW* – исходящая *T*-ступень; *SSW* – *S*-ступень; *CM* – управляющая память

ходящая в 16-м канальном интервале ЦСП ИКМ-30. Такое решение, во-первых, облегчает управление КП и, во-вторых, в пределах цифрового КП позволяет коммутировать все канальные интервалы структуры цикла ИКМ-30 (включая 0-й и 16-й). Эти канальные интервалы могут, таким образом, использоваться для целей управления, сигнализации или передачи речи. Назначение их обусловлено составом программного обеспечения АТС.

На рис. 5.9 приведена схема соподчиненности процессоров управляющего комплекса. Функции управления распределены по уровням следующим образом:

- 1) процессоры первого уровня (*I*) – общее распределение ресурсов, техобслуживание, административное управление;
- 2) процессоры второго уровня (*II*) – обработка вызова;
- 3) процессоры третьего уровня (*III*) – управление интерфейсом и обработка сигнализации.

Именно процессоры третьего уровня обеспечивают связь со всеми типами

Табл. 5.3. Спецификация системы FETEX-150

Показатель	Тип станции			
	местная	узловая местных сетей	междугородная	международная
Предельная емкость	240 000 АЛ		60 000 каналов	
Пропускная способность, Эрл			24 000	
Количество обслуженных вызовов в ЧНН			700 000	
Структура КП	T-S-T с вторичным мультиплексированием, T : 1024 × 1024, S : 64 × 64			
Нумерация	Местная. Междугородная с индексом выхода. Спецномера			
Сигнализация	Абонентские сигналы: декадный набор, многочастотный код. Линейные сигналы: внутриканальная сигнализация, R2 МККТТ. Общий канал сигнализации: № 7 МККТТ			
Интерфейс с ЦСП	2048 К бит/с (ИКМ-30); 8448 К бит/с (ИКМ-120); 1544 К бит/с (ИКМ-24)			
Управление	Распределение нагрузки и функций. Трехуровневая иерархическая структура управляющего комплекса			

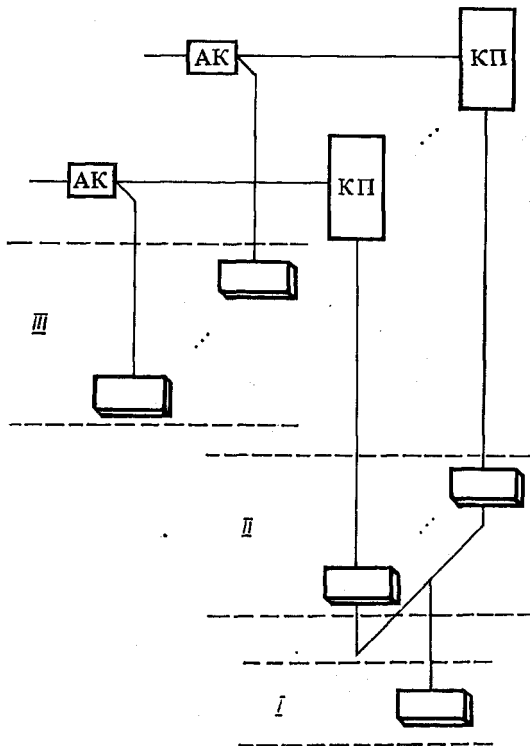


Рис. 5.9. Структура управления АТС FETEX-150 (АК - абонентские комплексы)

абонентских и соединительных линий, а в дальнейшем будут обеспечивать взаимосвязь системы с терминалами ISDN (цифровой сети интегрального обслуживания).

5.3.2. D 60 и D 70

Японская фирма NTT (осуществляет эксплуатацию телефонной сети на территории Японии; по ее заказам ряд японских фирм создает связанное оборудование) ввела в строй первую АТС D 60 в 1982 г., а первую АТС D 70 — в 1984 г. В 1984 г. система станций D 60/D 70 была модернизирована. Темпы внедрения станций на территории Японии высоки: если к концу 1983 г. были введены в строй 28 АТС D 60, то уже к концу 1985 г. — 120 станций только одной модификации D 70(A); в 1985 г. установлено 5 станций D 70 (D).

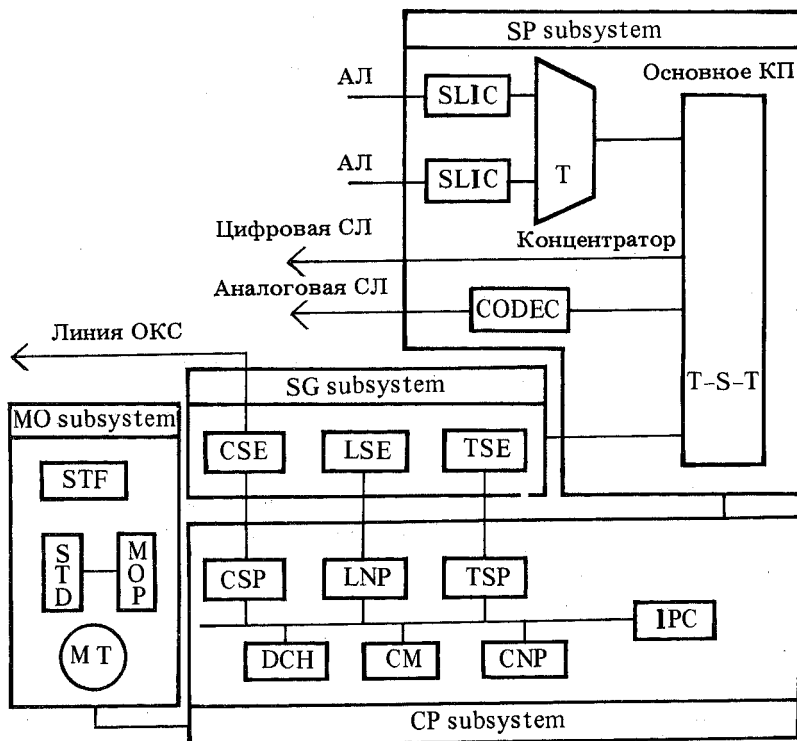


Рис. 5.10. Структурная схема АТС D 60 и D 70:

SP subsystem — коммутационная подсистема; SLIC — абонентский комплект; CODEC — кодер и декодер; SG subsystem — подсистема обработки сигналов; CSE — оборудование общего канала сигнализации; LSE — оборудование линейной сигнализации; TSE — оборудование сигнализации каналов; CP subsystem — подсистема процессоров; CSP — процессор общего канала сигнализации; LNP — процессор линий; TSP — процессор каналов; DCH — канал данных; CM — общая память; CNP — вызывной процессор; IPC — контроллер внутрипроцессорных связей; MO subsystem — подсистема техобслуживания; STF — статив супервизора и контроля; STD — панель супервизора и контроля; MOP — процессор техобслуживания; MT — накопитель на магнитных дисках

Цифровая АТС D 60 предназначена для междугородных телефонных сетей, а D 70 — для местных. Выпускаются две модификации станции D 70: АТС D 70 (А) предназначена для включения только аналоговых АЛ, а схемы АТС D 70 (D) позволяют подсоединять также цифровые АЛ (или только эти линии).

Станции D 60 и D 70 имеют модульную структуру в целях наиболее экономичного построения АТС различного назначения и емкости. Аппаратурные модули и программное обеспечение общие для D 60 и D 70.

Структурная схема станций D 60 и D 70 представлена на рис. 5.10. Различие между этими станциями состоит в том, что в D 60 отсутствует ступень концентрации. Табл. 5.4 содержит основные характеристики станций D 60 и D 70, а рис. 5.11 иллюстрирует концепции взаимодействия оборудования и принципов построения управляющего комплекса. Линейные концентраторы D 70 были описаны в гл. 3.

Табл. 5.4. Характеристики АТС D60 и D 70

Показатель	D 60	D 70
Назначение	Международные станции, мобильные междугородные станции	Местные АТС, узлы/местные АТС, мобильные АТС
Максимальная емкость	14 300 международных каналов	100 000 АЛ
Обслуживаемая нагрузка, Эрл	9600	4800
Производительность управляющих устройств, обслуженных вызовов в ЧНН	480 000	450 000 (630 000 для D 70 (А))
Сигнализация	Общий канал сигнализации: № 7 МККТТ. Все существующие системы сигнализации, связанные с каналом	
Скорость ЦСП, подключенных к АТС, М бит/с	8	2
Разговорная подсистема: линейные концентраторы	—	T-ступень: 1024 × 1024, около 2000 АЛ
подстанция	—	T-T T : 1024 × 1024, 300 Эрл, 6000 АЛ; 100 Эрл, 2000 АЛ
Структура КП	T-S-T T : 1024 × 1024, S : 32 × 32	T-S-T T : 1024 × 1024, S : 16 × 16
Управляющая подсистема	Многопроцессорная, с разделением нагрузки и функций	Комбинированный метод управления в зависимости от нагрузки (см. рис. 5.11)



Рис. 5.11. Концепция оборудования и управления D 60 и D 70

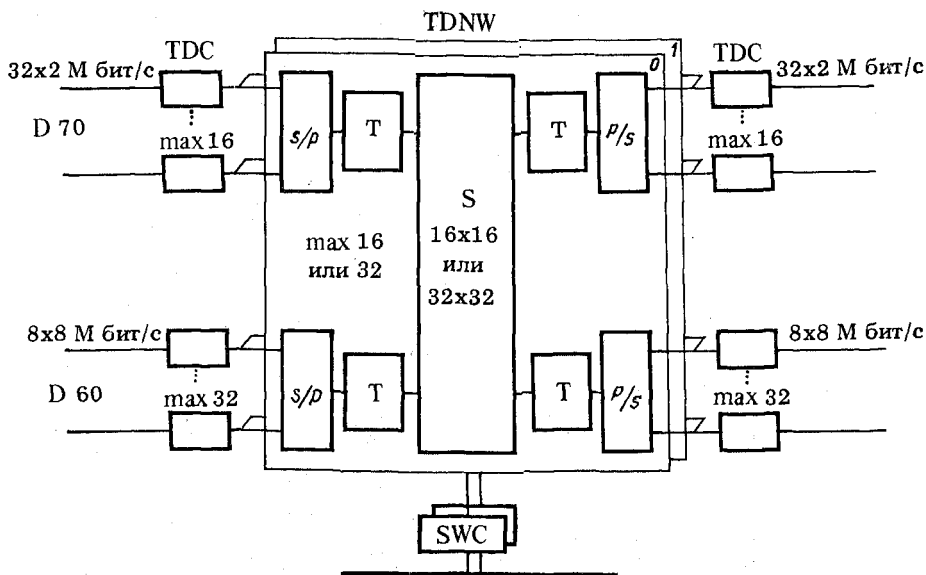


Рис. 5.12. Структурная схема КП D 60 и D 70:

TDC – оборудование интерфейса с ЦСП; TDNW – КП; s/p, p/s – преобразователи последовательного кода в параллельный и наоборот; SWC – оборудование контроля

Основными характеристиками КП являются: структура, пропускная способность, параметры T - и S -ступеней. Исследования, проведенные фирмой NTT, показали, что наиболее рационально в условиях Японии построение полей пропускной способностью 4800 Эрл (для D 60) и 9600 Эрл (для D 70). Для систем D 60 и D 70 разработано одно и то же КП $T-S-T$. Параметры T -ступеней одинаковы для обеих станций — T : 1024×1024 . S -ступень для системы D 70 имеет параметры S : 16×16 , а для D 60 — S : 32×32 . Соответственно этому различается количество T -ступеней, включаемых в S -ступень. Структурная схема цифрового КП показана на рис. 5.12. Исследования показали, что при нагрузке 0,8 Эрл на один канальный интервал вероятность блокировки составляет менее 0,001.

Подстанция для D 70 спроектирована как дистанционно управляемая АТС с пропускной способностью до 100 Эрл (около 2000 АЛ). Существует вариант подстанции с пропускной способностью до 300 Эрл. Она соединена с опорной АТС цифровыми системами передачи. Управление подстанцией осуществляется с опорной АТС по общему каналу сигнализации. Специально для такой подстанции разработан упрощенный СВИС процессор. КП ее типа $T-T$ (построение и параметры T -ступени аналогичны T -ступеням опорной АТС).

Станции D 60 и D 70 строятся из небольшого числа модулей, которые проектируются на основе стандартного набора блоков, плат и интегральных схем. В качестве примера на рис. 5.13 показано построение из таких схем и блоков СВИС процессоров, которые применяются на станциях D 60 и D 70 с 1984 г.

5.3.3. NEAX 61

Цифровая коммутационная система NEAX 61 разработана японской фирмой NEC. Первая станция этой системы была установлена в 1979 г. в США.

Технические характеристики различных станций системы NEAX 61 приведены в табл. 5.5.

Цифровая АТС NEAX 61 может, кроме того, использоваться в качестве мобильной АТС — NEAX 61 МОВ (связь с радиофицированными автомобилями, поездами и т.д., емкость — 100 000 абонентов) или АТС сетей передачи данных — NEAX 61А.

С начала 80-х гг. станции системы NEAX 61 модернизируются, при этом максимально используются БИС и СВИС.

Первая международная АТС NEAX 61 INT была установлена в Португалии в 1983 г. Структурная схема ее показана на рис. 5.14.

Станция NEAX 61 INT состоит из четырех подсистем (применений *I*), коммутации (*II*), процессоров (*III*), административного управления и техобслуживания (*IV*)).

Подсистема коммутации содержит КП TDNW и контроллер КП SPC. КП системы NEAX 61 было подробно описано в гл. 3. Контроллер SPC выбирает соединительный путь для данного соединения по командам, поступающим из соответствующего вызывного процессора CP.

Процессорная подсистема содержит процессор управления и техобслуживания, процессор управления коммутаторами (на рисунке не показан), про-

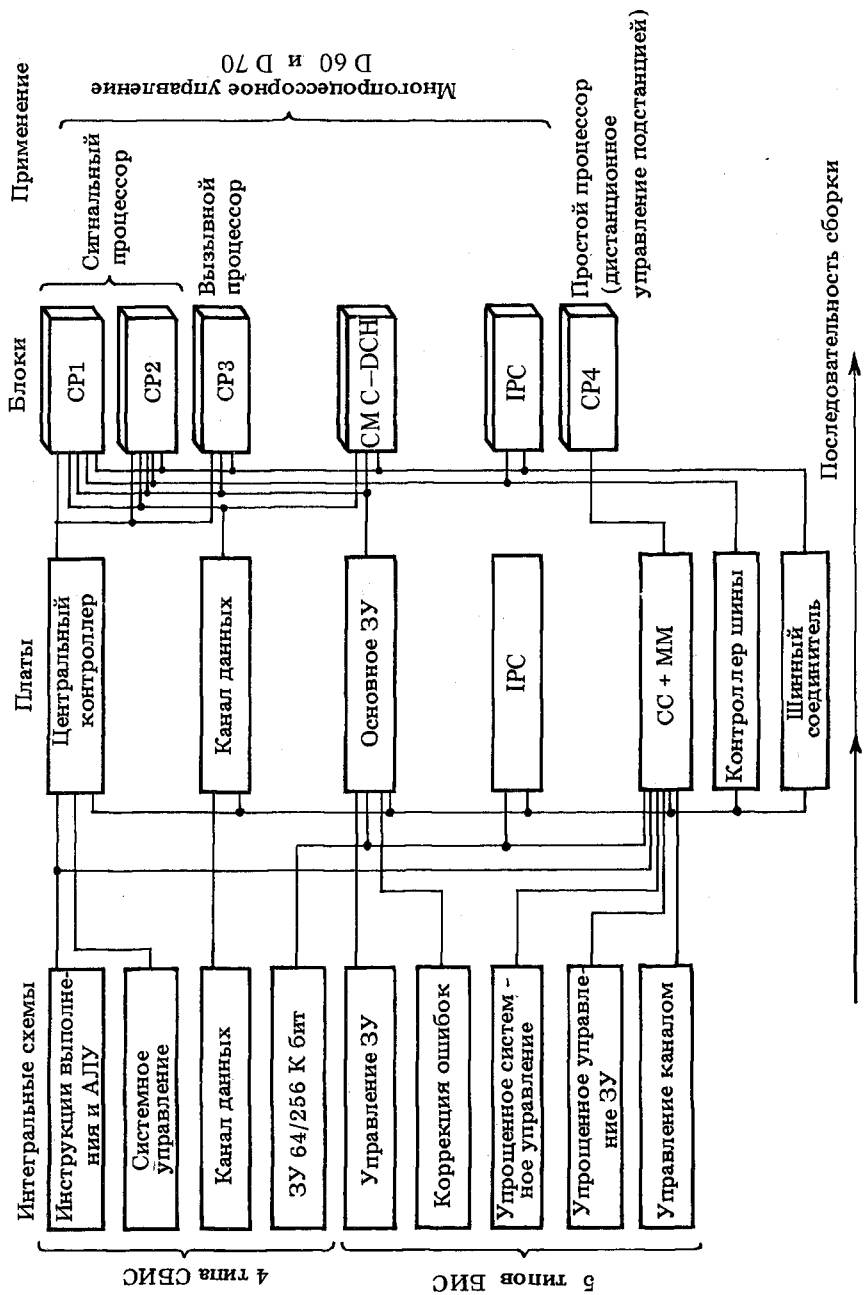


Рис. 5.13. Принципы построения СВИС процессоров АТС D 60 и D 70:

IPC – контроллер внутрипроцессорных связей; CM – общая память, C-DCH – канал передачи общих данных; CP – процессор; CC + MM – центральный контроллер и основное ЗУ на одной плате

Табл. 5.5. Технические характеристики NEAX 61

Показатель	Тип АТС		
	местная	междугородная	международная
Структура КП	T-S-S-T с вторичным мультиплексированием, T: 512 × 512, S1: 6 × 24, S2: 24 × 6		
Емкость	100 000 АЛ	60 000 каналов	30 000 международных цепей
Обслуживаемая нагрузка, Эрл	27 000	27 000	27 000
Количество обслуживаемых вызовов в ч/н		700 000	
Маршрутизация, количество направлений		512	
Сигнализация	Все виды внутрисполосной сигнализации, внеполосная сигнализация. Общий канал сигнализации (№7 МККТТ)		Международные и национальные системы сигнализации
Цифровой интерфейс	2048 К бит/с (ИКМ-30), 8448 К бит/с (ИКМ-120)		1544 К бит/с (ИКМ-24)
Принцип управления	Иерархическая многопроцессорная структура с распределением нагрузки и функций		

процессор общего канала сигнализации (на рисунке не показан), вызывные процессоры, индивидуальные ЗУ для каждого процессора, общее ЗУ для всех процессоров, шины управления (включая шины сигнализации между процессорами).

Подсистема административного управления и техобслуживания состоит из входных/выходных приборов, подключенных к процессору (телетайп, видеодисплей, печатающее устройство и блок ЗУ на магнитной ленте (диске)), столы операторов (стол контроля системы, стол обслуживания и др.), контроллеры.

Подсистемы II-IV почти неизменны при всех возможных применениях системы в телефонных сетях (исключение составляют процессор управления коммутаторами и ряд других приборов). Сопряжение этой общей части системы с телефонными сетями осуществляется с помощью подсистемы применений.

Для международной АТС NEAX 61 INT система применений состоит из интерфейсов аналоговых и цифровых каналов, модуля системы сигнализации №5 МККТТ и коммутаторов. Коммутаторы электронные, рабочее место телефонистки оборудовано дисплеем.

Подсистема применений соединяется с подсистемой коммутации с помощью стандартных интерфейсов, вне зависимости от выполняемых ею функций. Такое построение позволяет использовать общую часть системы для

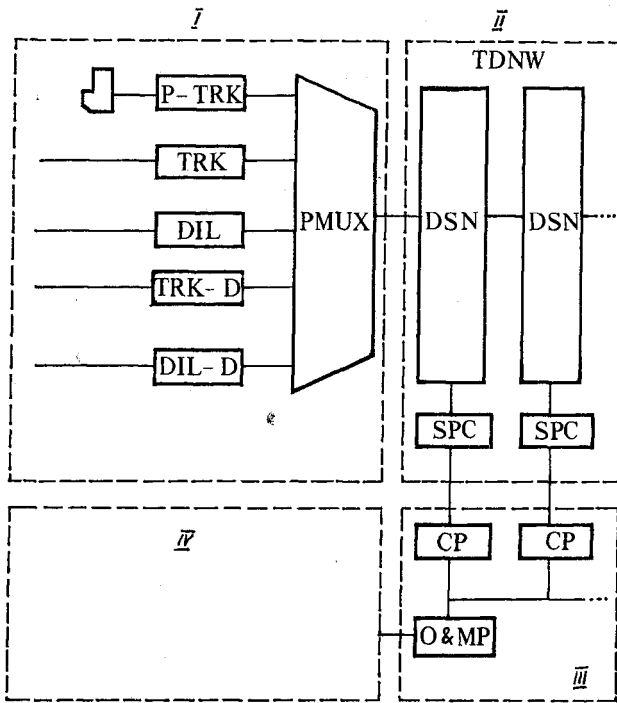


Рис. 5.14. Структурная схема станции NEAX 61 INT:

P-TRK – оборудование включения коммутаторов; TRK – оборудование включения аналоговых международных линий; DIL – оборудование включения цифровых международных линий; TRK-D – оборудование включения аналоговых местных СЛ; DIL-D – оборудование включения цифровых местных СЛ; PMUX – первичный мультиплексор; DSN – модуль цифрового КП; SPC – контроллер КП; CP – вызывной процессор; O&MP – процессор административного управления и техобслуживания; TDNW – цифровое КП

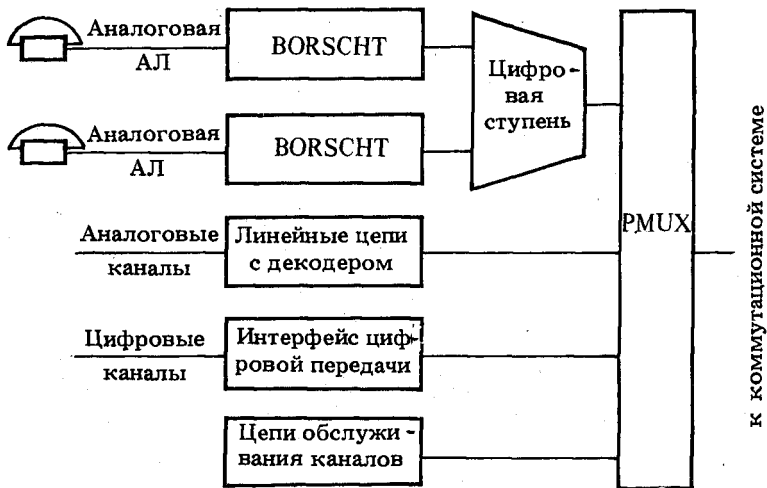


Рис. 5.15. Подсистема применений для абонентов телефонной сети: BORSCHT – абонентский комплект; PMUX – первичный мультиплексор

построения различных станций. На рис. 5.15 показана подсистема применений для городских АТС. Аналогично подключается подсистема абонентов цифровой сети интегрального обслуживания (ISDN).

Как и все цифровые АТС, NEAX 61 компактна: оборудование городской АТС вместе с рабочим местом оператора (стол с печатающим устройством, дисплеем, стул) на 10 000 абонентских линий занимает площадь $5,6 \times 5,6 \text{ м}^2$. Фирма NEC выпускает также АТС в контейнерном исполнении.

5.3.4. KB 270

Японские фирмы, производящие оборудование связи, удовлетворяют возрастающий спрос на цифровую коммутационную технику не только с помощью универсальных систем типа D 60 и D 70, NEAX 61, FETEX-150, но также более специализированных АТС для конкретных телефонных сетей. К числу таких систем относится и KB 270, предназначенная для использования только в качестве городской и междугородной АТС малой и средней емкости (табл. 5.6).

Табл. 5.6. Общая характеристика системы KB 270

Показатель	Тип АТС	
	городская	междугородная
Максимальная емкость	24 000 АЛ, 1000 соединительных линий	3800 каналов
Пропускная способность, Эрл		1200
Количество обслуженных вызовов в ЧНН		36 000
КП	$T-S-T$ с вторичным мультиплексированием, $T : 1024 \times 1024, S : 4 \times 4$	
Подсистема интерфейса АЛ	Линии оборудуются комплектами, реализующими функцию BORSCHT. T -ступень концентрации: $T : 1024 \times 128N, N = 1, \dots, 4$, где N – число ЦСП ИКМ-120 между концентратором и КП	
Подсистема каналов	Каждая соединительная линия и канал оборудованы согласующими устройствами. В блок согласующих устройств включаются до 120 аналоговых и цифровых линий. Блок оборудован мультиплексором на 128 канальных интервалах (8 М бит/с)	
Управление	Централизованное. Управляющий комплекс содержит дублированный 16-битовый микропроцессор общего назначения, память на 0,5 М слов, шины и ряд контроллеров	

5.3.5. XE-10

Цифровая станция XE-10, так же как и KB 270, является специализированной международной АТС. Она была специально разработана для коммутационного центра г. Осака (Япония) и введена в строй в 1984 г.

Станция XE-10 максимальной емкости имеет следующие характеристики: пропускная способность – 4198 Эрл; количество обслуженных вызовов в ЧНН: для исходящего полностью автоматизированного соединения – 20 000, исходящего полуавтоматического соединения – 3680, входящего соединения – 16 700; число международных каналов, включаемых в станцию, – 5000.

На станции используются системы сигнализации №5 и №6 МККТГ.

Цифровая АТС XE-10 состоит из двух подсистем – основной (М) и обслуживания (S). Каждая подсистема управляется своим дублированным центральным процессором. КП имеет структуру $T-S-S-T$. В станцию включаются ЦСП ИКМ-120.

5.3.6. TDX-1

В Южной Корее к разработке цифровой коммутационной станции приступили в 1978 г. В 1984 г. был испытан первый образец станции TDX-1 емкостью 3000 АЛ. С 1985 г. начались серийное производство и установка этих станций на телефонной сети Южной Кореи.

Характеристики станции TDX-1: назначение – подстанция, городская АТС, узловая городская АТС, узловая станция; максимальная емкость – 9600 АЛ, 1920 СЛ; пропускная способность – 1200 Эрл; число обслуженных вызовов в ЧНН – 30000; КП – $T-S-T$ с вторичным мультиплексированием, $T : 1024 \times 1024$, $S : 4 \times 4$, управление – централизованное, двухмашинный управляющий комплекс; в станцию можно включать ЦСП ИКМ-24 (североамериканский стандарт), между абонентскими модулями и КП используется ИКМ-30; каждая линия оборудована комплектом, реализующим функцию BORSCHT, T -ступень концентрации: $T : 1024$ (512 на передачу, 512 на прием) $\times 32 \times N$, где $N = 2, \dots, 16$ в зависимости от числа ЦСП ИКМ-30 между модулем и КП.

Станция TDX-1 содержит цифровое КП, модули линий и каналов (четыре вида модулей) и управляющий комплекс. Все линии и каналы включаются в соответствующие модули, которые содержат ступень коммутации (T -ступень). Для всех модулей, кроме абонентского, концентрация нагрузки не производится. Для абонентского модуля концентрация нагрузки может меняться от 2 : 1 до 16 : 1.

5.3.7. E 1

В 60 гг. французский национальный центр исследований по связи (СНЕТ) разработал технические требования на систему электронной коммутации E 1. В состав этой системы входят АТС E 10, E 11 и E 12. АТС E 10 цифровая, емкость ее – до 15 000 номеров, количество вызовов в ЧНН – 50 000; АТС E 11 пространственная, емкость ее – до 60 000 номеров, количество вызовов в ЧНН – 160 000; АТС E 12 цифровая, емкость ее до 50 000 номеров, количество вызовов в ЧНН – 150 000.

Табл. 5.7. Характеристики АТС системы Е 1

Назначение	Емкость, тыс. АЛ/СЛ	Пропускная способность, Эрл	Количество обслуженных вызовов в ЧНН	КП	Управление
<i>Е 10А</i>					
Городская	15/—	1250	54 000	<i>T</i>	Распределенное микропроцессорное
Совмещенная	10/2,5	1250	54 000	<i>T</i>	То же
Международная	—/3,6	1250	54 000	<i>T</i>	”
<i>Е 10В</i>					
Городская	46...92/—	2500	108 000	<i>T-S-T</i>	Распределенное
Транзитная	—/11	2500	108 000	<i>T-S-T</i>	То же
<i>Е 10S</i>					
Сельская	8/3,3	—	69 000	<i>T-S-T</i>	”

Построенная в 1970 г. во Франции станция Е 10 (транзитный узел) стала первой в мире цифровой АТС, установленной в телефонной сети. В настоящее время выпускаются АТС Е 10 трех типов: Е 10А, Е 10В и Е 10S. Их характеристики представлены в табл. 5.7.

В системе электронной коммутации Е 1 используется разделение станций на функциональные блоки с четким определением принципа совместной работы промежуточных блоков (интерфейсов). В соответствии с этим принципом станция Е 10А состоит из четырех основных групп устройств (рис. 5.16).

Концентраторы Кс и удаленные концентраторы Кв станции Е 10А построены одинаково, за исключением оборудования обмена сообщениями с опорной станцией. К удаленному концентратору можно подключить 511 АЛ (один абонентский комплект используется для контроля), которые с помощью двух ЦСП ИКМ-30 имеют доступ к КП опорной АТС. КП концентратора трехзвенное, построено на герконах. Используются групповые кодеры/декодеры. Управление производится процессором внутри концентратора.

БСК и БСМ являются блоками синхронизации удаленных концентраторов и линий соответственно между станцией Е 10А и электромеханическими станциями. К группе устройств 1 относится блок приемников и передатчиков многочастотных сигналов (БТС).

Цифровое КП Е 10А относится к типу MUX—*T*—DMUX, *T* : 1024 × 1024. Оно состоит из четырех *T*-ступеней, связанных между собой. Это соответствует емкости 4096 канальных интервалов (в поле включаются 128 ЦСП ИКМ-30). Используется вторичное мультиплексирование.

К группе устройств 3 (управляющих) относятся: мультирегистры (МР),

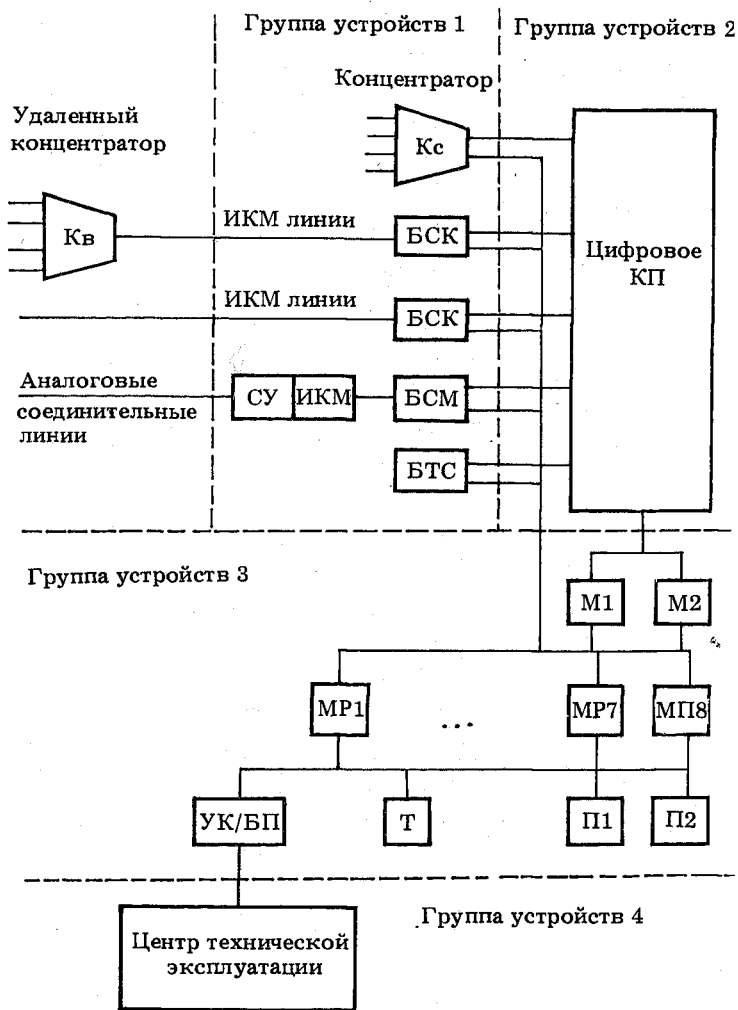


Рис. 5.16. Структурная схема станции E 10A

которые на основе полученной из линий и регистров информации управляют с помощью имеющейся в ЗУ программы установлением соединения; пересчетчики (П), передающие мультирегистрам все необходимые рабочие сведения (об абонентах, линиях и сети) в соответствии с содержимым его ЗУ; маркеры (М), служащие для обмена информацией между мультирегистрами и КП; тарификатор (Т), определяющий оплату за состоявшийся разговор; устройство контроля (УК), осуществляющее связь между станцией и центром технической эксплуатации; синхронизирующие генераторы (на рисунке не показаны).

Все вышеперечисленные устройства, за исключением генераторов, имеют программное управление, и каждое содержит специализированный процессор.

5.3.8. AXE 10

Первая цифровая АТС AXE 10 (разработчик и производитель – шведская фирма Ericsson LM) была установлена в 1978 г. в г. Або (Финляндия). Название AXE 10 с 1972 г. использовалось для квазиэлектронной АТС, несколько позднее – для смешанной (квазиэлектронной – цифровой) АТС. Характеристика системы AXE 10 приведена в табл. 5.8. Структурная схема АТС AXE 10 представлена на рис. 5.17.

Групповая ступень коммутации GSS подробно описана в гл. 3. Абонентские и ИКМ линии от удаленных концентраторов включаются в абонентскую

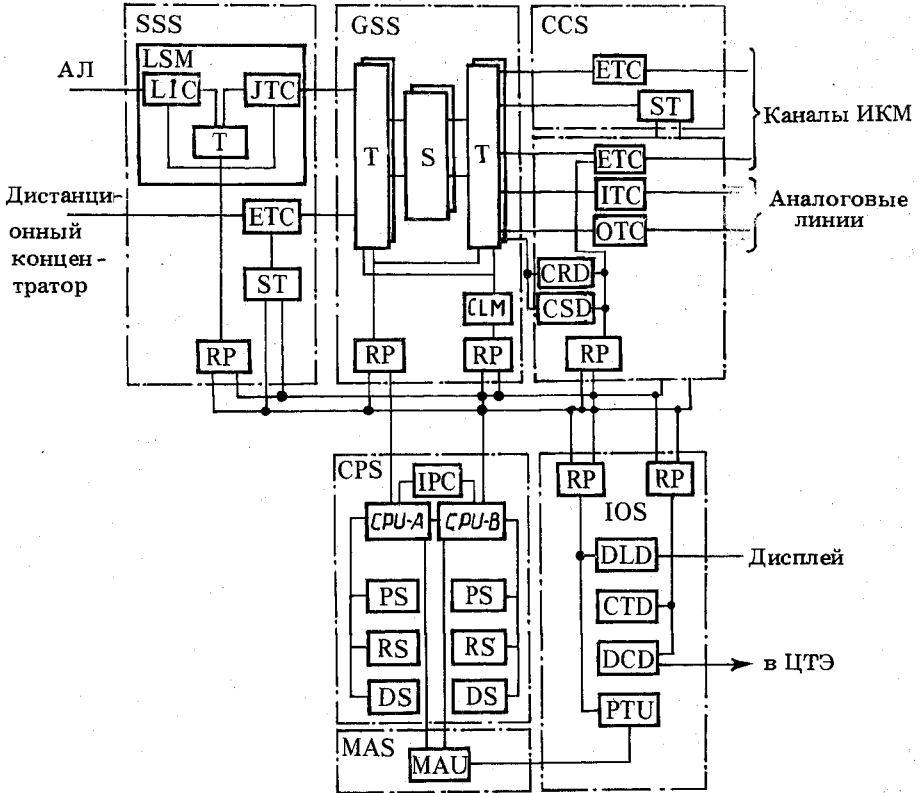


Рис. 5.17. Структурная схема цифровой АТС AXE 10:

CCS – подсистема общего канала сигнализации; CPS – подсистема центрального процессора; CPU – центральный процессор; CRD – кодовый приемник; CSD – кодовый передатчик; CTD – кассетный магнитофон; DLD – дисплей; DCD – ЗУ данных; ETC – комплект цифровых СЛ; GSS – подсистема ступени группового поиска; IOS – подсистема ввода/вывода; IPC – межпроцессорный комплект; ITC – комплект входящих аналоговых СЛ; JTC – щнуровой комплект; LIC – комплект АЛ; LSM – модуль концентрации АЛ; MAS – подсистема обслуживания процессоров; MAU – блок обслуживания; OTC – комплект исходящих СЛ; PS – ЗУ программ; PTU – блок проверки процессора; RP – региональный процессор; CLM – модуль задающего генератора; SSS – подсистема ступени абонентского поиска; ST – терминал обмена сигналами управления; DS – ЗУ данных

Табл. 5.8. Общая характеристика системы AXE 10

Показатель	Тип АТС	
	местная	транзитная
Предельная емкость	200 000 АЛ	60 000 СЛ
Пропускная способность, Эрл		30 000
Количество обслуженных вызовов в ЧНН		1 000 000
Структура КП (степень GSS)	T-S-T с вторичным мультиплексированием	
Сигнализация	Любая система линейной и абонентской сигнализации. Общий канал сигнализации: №7 МККТТ ИКМ-30, ИКМ-24	
Интерфейс с ЦСП	ИКМ-30, ИКМ-24	
Управление	Иерархическое, с распределением нагрузки и функций	

степень коммутации SSS. Ступень SSS построена из модулей LSM (модулей концентрации АЛ). 16 модулей LSM составляют один модуль SSM (максимально можно включить 2048 АЛ). Для осуществления полного доступа к внутренним ИКМ линиям между SSS и GSS T-ступени всех 16 модулей LSM связаны внутренней шиной. Абонентские комплекты LIC станции AXE 10 подробно описаны в гл. 4. Ступени SSS и GSS связывают до 480 внутренних ИКМ-30.

В качестве удаленного концентратора может использоваться ступень SSS. Между удаленным концентратором и опорной АТС может быть установлено до 16 ЦСП ИКМ-30.

На АТС максимальной емкости устанавливаются 8 центральных процессоров, каждый из которых обслуживает 150 000 вызовов в ЧНН.

5.3.9. №4 ESS

Автоматическая междугородная телефонная станция (МАТС), разработанная фирмой Bell Laboratories, является станцией большой емкости. Впервые станция этого типа №4 ESS установлена в 1976 г. в США.

В МАТС №4 ESS можно включать до 107 000 каналов. Станция пропускает нагрузку 47 000 Эрл. Процессоры в состоянии обработать 550 000 вызовов в ЧНН. Аналоговые системы передачи включаются в линейные терминалы, а ЦСП — в блоки ИКМ интерфейса.

Цифровое КП станции подробно рассмотрено в гл. 3.

Управление станцией №4 ESS — иерархическое, с использованием центрального процессора для выполнения функций высокого уровня и сигнальных процессоров, осуществляющих обработку сигнальной и управляющей информации каналов.

5.4. ЦИФРОВЫЕ КОММУТАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ С ПОЛЕМ ТРЕТЬЕГО КЛАССА

5.4.1. МТ

Фирмой THOMSON-CSF Telephone (Франция) разработана цифровая коммутационная система МТ. Первая станция этой системы была введена в строй в 1979 г. В систему МТ входят станции МТ-20, МТ-25, МТ-30 и МТ-35.

Оборудование МТ-20 предназначено для организации станций транзитных и междугородной сети (АМТС и узлов автоматической коммутации – УАК). Максимальная обслуживаемая нагрузка – 10 000 Эрл.

МТ-25 служит для организации городских районных АТС (РАТС), транзитных (узловых) и совмещенных станций. В ее состав включаются абонентские концентраторы. Максимальная пропускная способность – 10 000 Эрл.

МТ-30 используется в качестве городских РАТС, транзитных и совмещенных станций. Максимальная пропускная способность – 1500 Эрл.

Для организации городских АТС малой емкости предназначена станция МТ-35, максимальная пропускная способность которой составляет 130 Эрл.

Переход от одной станции к другой обеспечивается добавлением определенного стандартного оборудования. Аппаратура любой из станций предназначена для работы с ЦСП ИКМ-30 и ИКМ-120.

Технические характеристики, принципы построения и конструкция станций МТ-20 и МТ-25 почти идентичны. Основным отличием является возможность подключения концентраторов в станцию МТ-20. Унифицированное построение оборудования позволяет рассмотреть принципы работы станций МТ-20 и МТ-25 совместно (в дальнейшем будем обозначать эти станции МТ-20/25).

Управление соединением осуществляется в МТ-20/25 по записанной программе с использованием центрального управляющего устройства (ЦУУ), в качестве которого применяются две ЭВМ, работающие по принципу разделения нагрузки. На станциях большой емкости с максимальной пропущенной нагрузкой до 10 000 Эрл используется ЭВМ ИТТ 3202, на станциях малой и средней емкости с диапазоном пропущенной нагрузки от 200 до 2500 Эрл – ЭВМ типа "Меркурий-32". Максимальное количество обслуженных вызовов в ЧНН – 320 000.

Табл. 5.9. Определение числа ИКМ линий между концентратором и КП

Нагрузка на концентратор (Эрл) при норме потерь			Число линий ИКМ
$p = 0,001$	$p = 0,005$	$p = 0,01$	
$y \leq 36,9$	$y \leq 40,7$	$y \leq 43,0$	2
$36,9 \leq y < 68,4$	$40,7 \leq y < 74,9$	$43,0 \leq y < 77,2$	3
$68,4 \leq y < 90,6$	$74,9 \leq y < 99,8$	$77,2 \leq y < 103,7$	4
$90,6 \leq y < 122,1$	$99,8 \leq y < 129,8$	$103,7 \leq y < 132,9$	5
$122,1 \leq y < 147,4$	$129,8 \leq y < 155,1$	$132,9 \leq y < 159,4$	6

Концентраторы и удаленные концентраторы МТ-20/25 построены одинаково. В один концентратор можно максимально включить 768 аналоговых АЛ. Связь концентратора с цифровым КП станции осуществляется с помощью ИКМ линий (ЦСП ИКМ-30). В зависимости от величины нагрузки на концентратор y и принятых норм потерь p используется от 2 до 6 линий ИКМ (табл. 5.9).

Структурная схема концентратора представлена на рис. 5.18. В концентраторе можно включать два типа абонентских комплектов: для включения обычных АЛ и для включения линий телефонов-автоматов. Абонентский комплект обычной АЛ осуществляет следующие функции (выполняется лишь часть функций BORSCHT): переход с двухпроводной линии на четырехпроводную; питание микрофона телефонного аппарата; определение состояния АЛ; посылку вызова в телефонный аппарат; подключение устройств контроля к абонентскому комплекту.

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

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

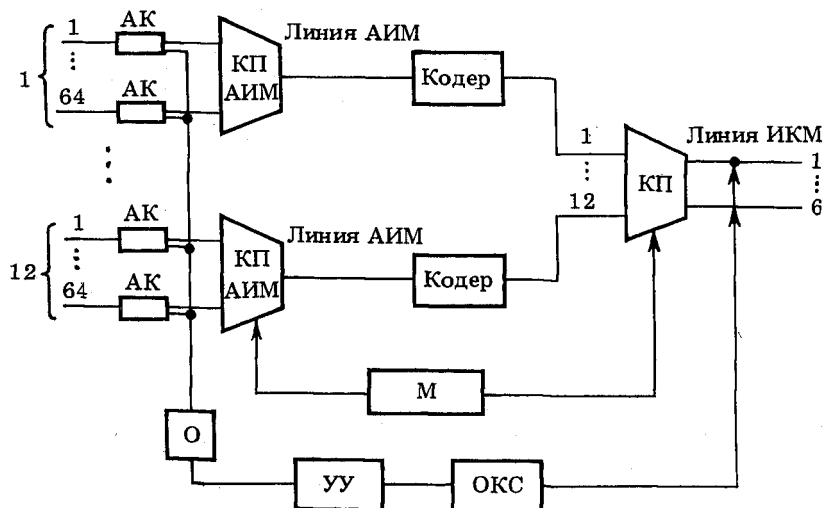


Рис. 5.18. Структурная схема концентратора МТ-25:

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

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

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

Независимо от емкости станция МТ-20/25 имеет структурную схему, приведенную на рис. 5.19.

Предусматривается включение в блок соединительных линий двух-, трех- и четырехпроводных физических линий и каналов аналоговых систем передачи с ЧРК. Один блок обслуживает группу из 30 СЛ и содержит 30 комплектов СЛ, один кодер, один мультиплексор/демультиплексор и один адаптер сигнализации (для передачи сигнальной информации в 16-м временном канальном интервале ИКМ-30). Он не производит концентрации нагрузки.

Оборудование сигнализации представляет собой совокупность функциональных блоков, обеспечивающих прием и передачу сигналов управления и взаимодействия с концентраторами своей станции и с другими станциями сети. Устройство сигнализации состоит из двух частей. Первая включает блок приемопередатчика сигналов, в котором находятся приборы приема и передачи сигналов обмена с АТС. Различают линейные и управляющие сигналы обмена. Вторая часть содержит программированные периферийные устройства сигнализации, созданные на базе микроЭВМ. В их функции входит предварительная обработка сигналов до их передачи центральному управляющему устройству.

Блок согласования характеристик сигналов осуществляет преобразование квазитрочного кода входящих сигналов в двоичный код и наоборот для исходящих сигналов. Необходимые для такого преобразования приборы (подключающие комплекты) располагаются на входе и выходе АТС, где они сгруппированы с приборами устройства выбора части поля, которые случайным образом распределяют ИКМ линии по двум ветвям КП. Управление блоком осуществляет перепрограммируемый периферийный маркер.

К блоку согласования характеристик сигналов подключается контрольное устройство, которое обеспечивает непрерывный контроль исправности работы коммутационного оборудования, сопоставляя соответствие принимаемых и передаваемых последовательностей импульсов.

Сигнально-вызывное устройство, реализованное на генераторе временных интервалов тональных сигналов, подает в коммутационное оборудование записанное в блоках ЗУ тональные сигналы в цифровой форме.

Станционное синхронизирующее устройство обеспечивает выдачу тактовых сигналов.

КП МТ-20/25 относится к третьему классу полей и было описано в гл. 3. Блок интерфейса коммутации осуществляет функции повторной синхронизации входящих сигналов, преобразование последовательного кода в параллельный и вторичное мультиплексирование.

Блоки коммутационного оборудования управляются периферийными программными маркерами, реализованными на микропроцессорах.

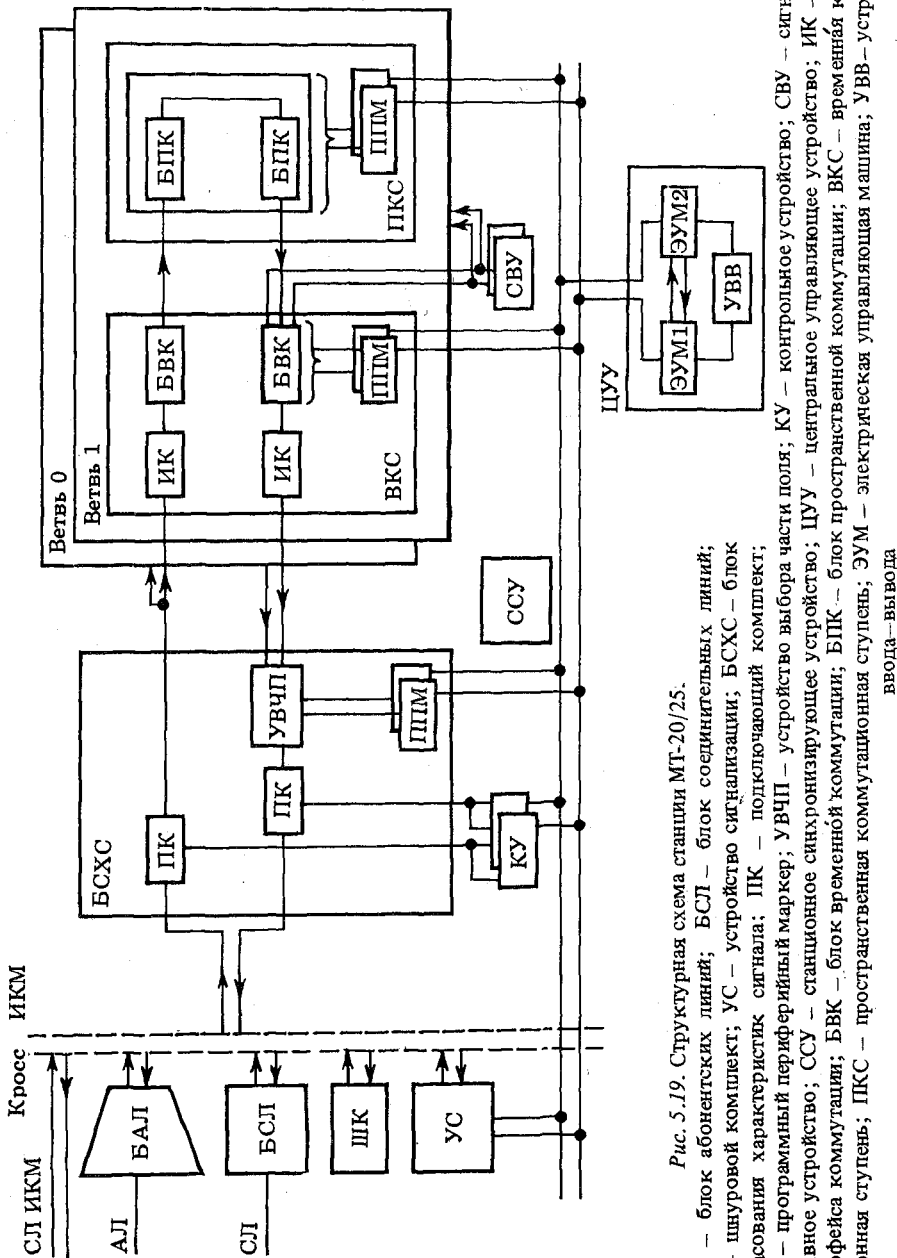


Рис. 5.19. Структурная схема станции МТ-20/25.

БАЛ – блок абонентских линий; БСЛ – блок соединительных линий; ШК – шнуровой комплект; УС – устройство синхронизации; БСХС – блок согласования характеристик сигнала; ПК – подключающий комплект; ППМ – программный периферийный маркер; УВЧП – устройство выбора части поля; КУ – устройство синхронизирующее устройство; ЦУУ – блок пространственной коммутации; БПК – блок пространственной коммутации; ПКС – блок пространственной коммутации; СВУ – сигнально-вызывное устройство; ССУ – станционное синхронизирующее устройство; ЭУМ1 – блок пространственной коммутации; ЭУМ2 – блок пространственной коммутации; ИК – блок интерфейса коммутации; БВК – блок временной коммутации; ППМ – блок пространственной коммутации; ПКС – блок пространственной коммутации; СВУ – сигнально-вызывное устройство; ЦУУ – электрическая управляющая машина; УВВ – устройство ввода-вывода

На станциях, обслуживающих нагрузку до 2500 Эрл, КП может иметь вид $S/T-S-S/T$, где $S : 16 \times 16$ либо $S : 8 \times 8$.

5.4.2. System X

Цифровая коммутационная система System X создана в Великобритании. Первая станция этой системы введена в строй в 1980 г. в Лондоне. В 1987 г. вводилось по одной станции System X в день. Спецификация системы приведена в табл. 5.10.

КП System X было рассмотрено в гл. 3.

Табл. 5.10. Спецификация станций System X

Показатель	Тип АТС		
	междугородная	местная	
		большой емкости	малой емкости
Структура КП	$S/T-S-S/T$ с вторичным мультиплексированием S/T передача : $(32/32 \times (2/512))$ S/T прием : $(2/512) \times (32/32)$ $S_{\text{нечет}}$: 96×96 $S_{\text{чет}}$: 96×96		$S/T-S/T$
Емкость	60 000 между- городных каналов	100 000 АЛ	5000 АЛ
Пропущенная нагрузка, Эрл	23 000		1000
Количество обслуженных вызовов в ЧНН	1 000 000	800 000	20 000

Аналоговые АЛ включаются в аналоговый концентратор. В один концентратор либо удаленный концентратор можно включить до 2048 АЛ, на выходе концентратора — до 8 линий ИКМ-30. Пропускная способность аналогового концентратора — 160 Эрл, его управляющее устройство обрабатывает 8000 вызовов в ЧНН.

Цифровая АЛ включается либо прямо в мультиплексор (30 цифровых каналов), либо в цифровой концентратор (удаленный концентратор) (2048 цифровых АЛ на входе и 8 линий ИКМ-30 на выходе концентратора). КП концентратора — S/T .

5.4.3. ESWD

Коммутационная система ESWD позволяет строить местные или транзитные (узловые) АТС большой емкости. Она разработана фирмой Siemens (ФРГ). Летом 1981 г. первая местная АТС этой системы на 1000 номеров была установлена в ЮАР. В начале 1982 г. первые три узловые АТС были введены в ФРГ и Финляндии. В 1983 г. АТС системы ESWD работали в 13 странах мира.

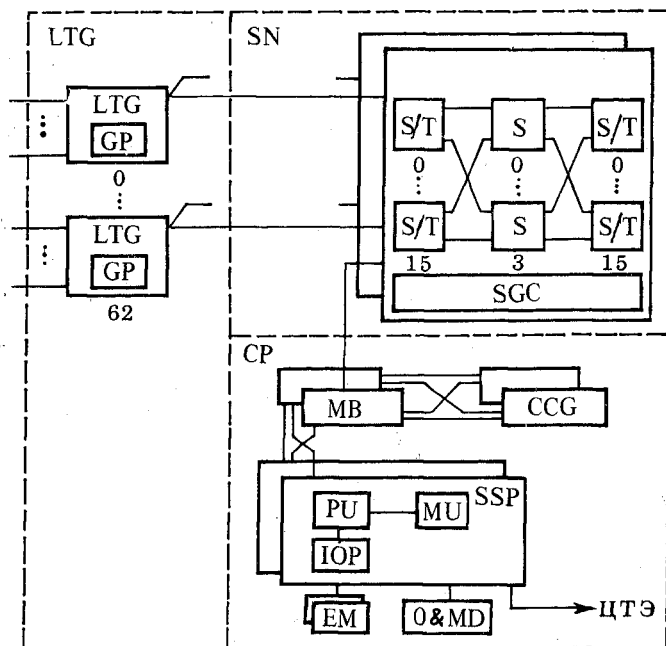


Рис. 5.20. Структурная схема станции ESWD:

CCG – центральный синхροгенератор; CP – координационный процессор; EM – внешняя память; GP – групповой процессор; IOP – процессор входных/выходных устройств; LTG – группы линий/каналов; MB – буфер доступа; MU – запоминающее устройство; O&MD – приборы техобслуживания; PU – модуль обслуживания вызовов; SGC – управление КП; SN – КП; SSP – коммутационный процессор; ЦТЭ – центр технической эксплуатации

В АТС ESWD можно включить 60 000 каналов или 250 000 АЛ. КП рассчитано на пропуск нагрузки 25 200 Эрл, а процессоры АТС могут обслужить 1 000 000 вызовов в ЧНН.

Сельские телефонные станции ESWD имеют емкость до 7500 АЛ. Выпускаются АТС в контейнерном исполнении на 6000 и 2600 АЛ. АТС для подвижных радиоабонентов имеют емкость 80 000 абонентов.

На рис. 5.20 приведена структурная схема АТС ESWD на 12 000 АЛ или 8000 каналов. АЛ могут включаться в концентратор, мультиплексор либо в аппаратуру уплотнения АЛ. На выходе всех этих устройств организуется стандартный цифровой поток ИКМ-30. ИКМ линии подключаются к линейному модулю LTG. Каждый модуль LTG рассчитан на подключение 256 абонентов или 120 каналов.

Первичный мультиплексор построен на 30 или 24 канальных интервала в зависимости от национального стандарта. Вторичное уплотнение – на 128 канальных интервалов при скорости 8,192 М бит/с.

Характеристика КП: а) для станций большой емкости – S/T – S1 – S2 – S3 – S/T; S/T: $(4/128) \times (4/128)$, S1: 8 × 16, S2: 16 × 16, S3: 16 × 8; б) для

станций средней емкости – $S/T-S-S/T$; $S/T : (4/128) \times (4/128)$, $S : 16 \times 16$.

Управление на станциях ESWD – распределенное, в линейных модулях LTG групповые процессоры построены на микропроцессорах Intel 8086.

5.4.4. GTD-5 EAX

Система GTD-5 EAX позволяет строить местные, междугородные и совмещенные станции емкостью от 500 до 150 000 АЛ или до 49 000 каналов. Первая АТС, созданная американскими специалистами, установлена в США в 1982 г.

Максимальная пропускная способность станции 30 000 Эрл, управляющие устройства обрабатывают 360 000 вызовов в ЧНН.

Структурная схема городской АТС GTD-5 EAX показана на рис. 5.21.

Аналоговые АЛ могут включаться в удаленный коммутационный модуль, удаленный концентратор, мультиплексор либо непосредственно в интерфейсный КП.

В удаленный коммутационный модуль можно включить до 3000 АЛ, между ним и опорной АТС может быть от 2 до 32 линий ИКМ-24. В него вклю-

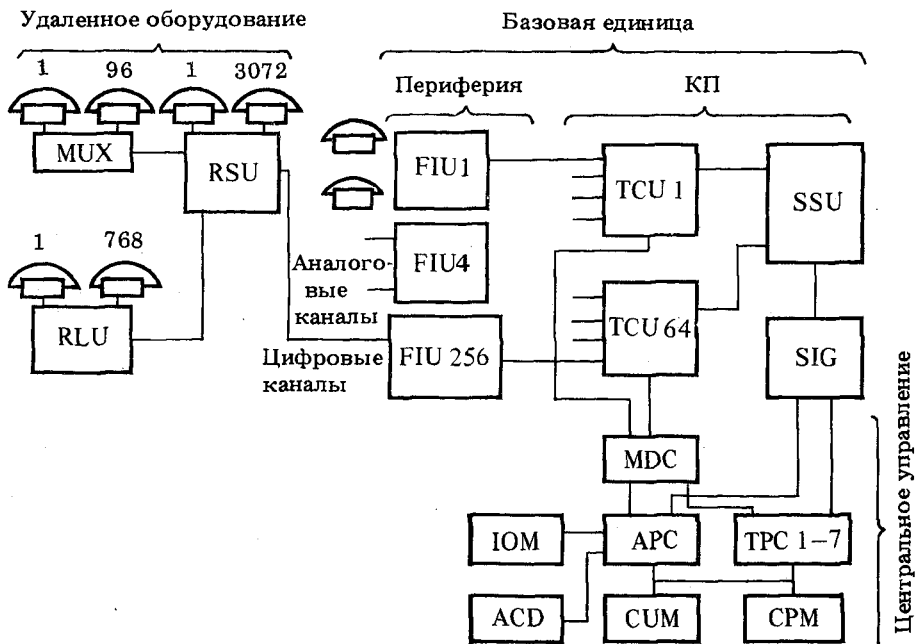


Рис. 5.21. Структурная схема станции GTD-5 EAX:

ACD – комплекс административного управления; APC – комплекс административных процессоров; CPM – общее ПЗУ; CUM – общее ЗУ; FIU – интерфейсный модуль; IOM – модуль ввода/вывода; MDC – цепь распределения сообщений; MUX – мультиплексор; RLU – удаленный концентратор; RSU – удаленный коммутационный модуль; SIG – управление S -ступени; SSU – S -ступень; TCU – S/T -ступень; TPC – комплекс телефонных процессоров

чаются удаленные концентраторы и мультиплексоры. Удаленный концентратор позволяет подключить до 768 АЛ, мультиплексор – 96 линий.

Интерфейсный модуль служит для включения аналоговых АЛ (768 линий в один модуль), аналоговых и цифровых каналов (192 канала в один модуль). На выходе формируется цифровой поток с циклом 193 канальных интервала.

КП – $S/T-S-S/T$; $S/T : (4/193) \times (4/193)$. Второе звено строится на S -ступенях 32×32 .

Управление GTD-5 EAX – распределенное, с применением микропроцессоров в модулях и концентраторах.

5.5. ЦИФРОВЫЕ КОММУТАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ С ПОЛЕМ ЧЕТВЕРТОГО КЛАССА

5.5.1. ЭАТС 200

Цифровая коммутационная система ЭАТС 200 разработана специалистами фирмы "Теленокиа" (Финляндия). Первые АТС этой системы были введены в строй в 1985 г.

В состав системы ЭАТС 200 входят четыре функциональных блока (рис. 5.22): абонентская подсистема; подсистема обработки вызовов; подсистема технической эксплуатации; подсистема подключения соединительных линий.

Комплекс оборудования системы ЭАТС 200 предназначается для использования в городских телефонных сетях СССР в качестве АТС с подстанциями, узлов исходящего сообщения (УИС), узлов заказно-соединительных линий (УЗСЛ), узлов входящего сообщения (УВС), узлов входящего междугородного сообщения (УВСМ), совмещенных узлов (УИВС), объединяющих вышеперечисленные узлы, совмещенных станций, объединяющих функции районных АТС и узлов.

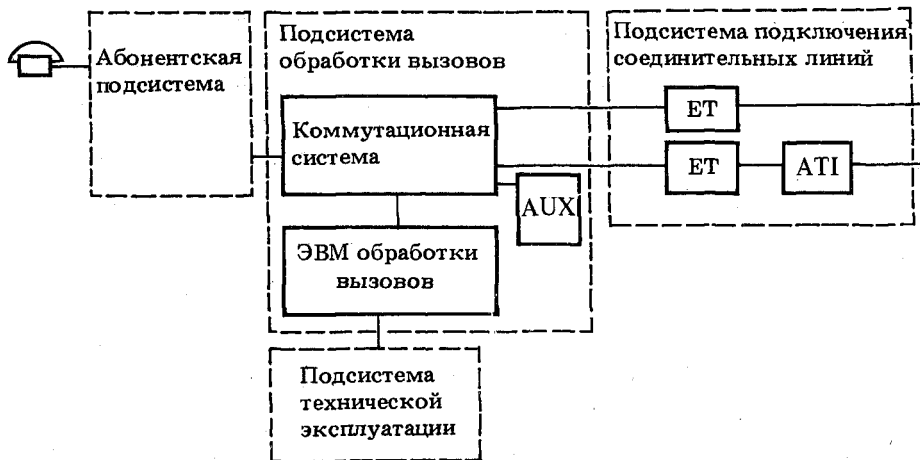


Рис. 5.22. Структурная схема системы ЭАТС 200:

АТИ – блоки подключения аналоговых соединительных линий; AUX – дополнительные устройства; ET – оконечный стационарный комплект

Табл. 5.11. Общая характеристика системы ЭАТС 200

Показатель	ЭАТС 210	ЭАТС 220
Количество абонентов, включаемых в станцию	60...3500	500...39 000
Пропускная способность, Эрл	450	2500
Количество обслуженных вызовов в ЧНН	12 000	100 000
Количество соединительных ЦСП ИКМ-30	1...16	4...200
Нагрузка на линии, Эрл:		
соединительные		0,8
абонентские		0,15

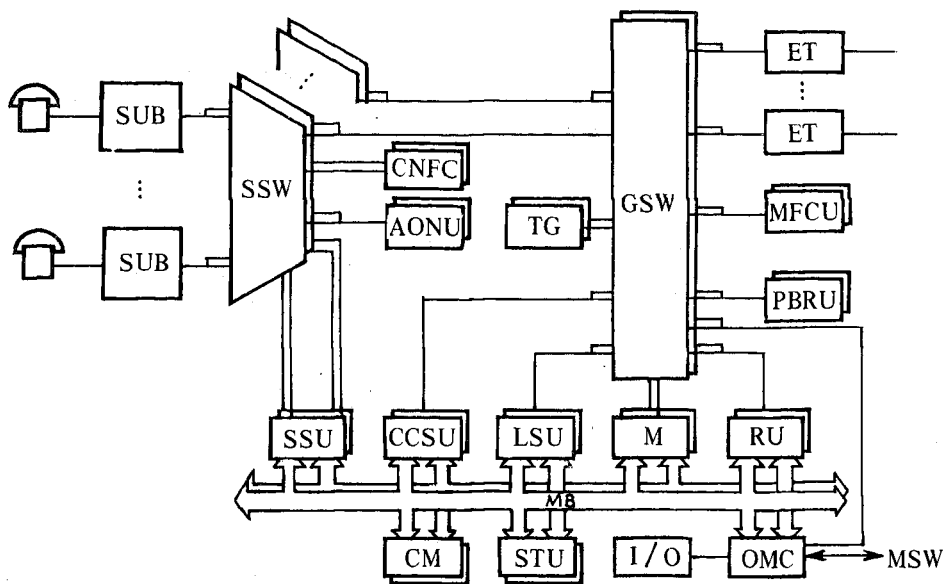


Рис. 5.23. Структурная схема АТС типа ЭАТС 220:

SUB – абонентский модуль; SSW – абонентская ступень коммутации; CNFC – устройство конференц-связи; AONU – блок аппаратуры автоматического определения номера вызывающего абонента (АОН); TG – генератор тональных сигналов; GSW – групповая ступень коммутации; ET – оконечные стационарные комплекты; MFCU – блоки много-частотной сигнализации; PBRU – блок приемников тастатурного набора; SSU – блок управления ступени SSW; CCSU – блок общего канала сигнализации; LSU – блок линейной сигнализации; M – маркер; RU – блок регистров; CM – центральное ЗУ; STU – блок статистики; OMC – ЭВМ технической эксплуатации; MSW – канал связи с ЦТЭ; MB – шина сообщений

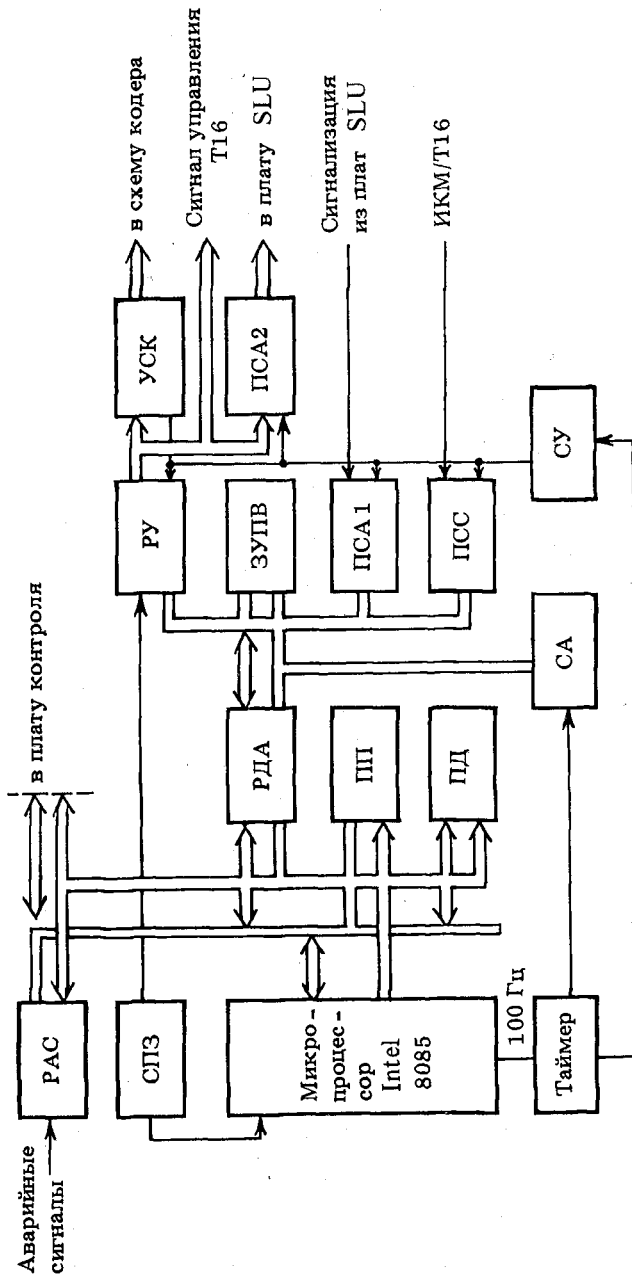


Рис. 5.24. Структура процессора SSP:

РАС – регистр аварийной сигнализации; СПЗ – счетчик принудительного запуска; РДА – регистры данных и адресов; ПП – память программ; ПД – память данных; СА – селектор адресов; РУ – регистр управления; ЗУПВ – Зу со слвоенным портом; ПСА1 – прием сигналов от абонентов; ПСС – прием сигнальных сообщений; СУ – управление схемой кодера; УСК – управление схемой кодера; ПСА2 – передача сигнала абонентам

В состав системы ЭАТС 200 входят два типа АТС: ЭАТС 210 и ЭАТС 220. Общая характеристика системы ЭАТС 200 приведена в табл. 5.11.

Станция ЭАТС 210 наилучшим образом приспособлена для работы в качестве АТС малой емкости, однако при необходимости она может быть использована в качестве транзитной. Разработаны удаленные абонентские модули (удаленные концентраторы) RSUB, которые можно подключать к обоим типам станций. Количество абонентов удаленного абонентского модуля — 60...250. Он подключается к опорной АТС с помощью 1...4 линий ИКМ-30.

Система ЭАТС 200 предполагает широкий набор услуг для разных категорий абонентов. Внутростанционные категории присваиваются абонентам оператором диспетчерской с помощью специальных команд, задаваемых на дисплее.

Кроме основной услуги (телефонного разговора), абонентам ЭАТС 200 предоставляется широкий набор дополнительных видов обслуживания.

В системе ЭАТС 200 учет стоимости разговоров осуществляется для исходящей связи с учетом категории абонента, а также стоимости дополнительных видов обслуживания.

Структурная схема станции ЭАТС 220 приведена на рис. 5.23. В абонентскую подсистему станции входят блоки SUB и RSUB. Абонентский модуль SUB состоит из блоков абонентских комплектов (SLU 16 или/и SLU 8), групповых кодеров SUC и декодеров SUD (на рисунке не показаны). Функционально блоки SLU 16, SUC и SUD описаны в гл. 4. Там указывалось, что управление абонентским модулем SUB осуществляет процессор абонентской сигнализации SSP, размещенный в блоке кодера. Функциональная схема процессора SSP показана на рис. 5.24. В процессоре используется микропроцессор Intel 8085. Тактирование микропроцессора осуществляется собственным генератором частотой 6 МГц, а тактовый сигнал реального времени 100 Гц вырабатывают таймеры.

Памятью программ служат три схемы ППЗУ емкостью 4 К байт, а ЗУ данных — две схемы ЗУПВ емкостью 1 К байт. Для согласования различных частей процессора SSP, работающих с разными тактовыми сигналами, между шинами этих частей размещаются регистры данных и адресов.

ЗУПВ со сдвоенным портом выполняет функций буферной памяти при обмене данными между микропроцессором и другими внешними по отношению к процессору устройствами модуля.

Если работа микропроцессора по какой-либо причине нарушается, счетчик принудительного запуска подает сигнал "1" в регистр управления. Это означает нерабочее положение регистра. Одновременно счетчик принудительного запуска осуществляет повторный запуск микропроцессора. Вся исходящая из SSP информация управления передается через регистр управления.

Входящие сигналы из 16-го канального интервала ИКМ-30 (сигнализация) накапливаются в схеме регистра приема сигналов сообщений, преобразуются в параллельную форму и считываются из схемы приема в ЗУПВ со сдвоенным портом.

Сигнализация от блоков абонентских комплектов SLU 16 или/и SLU 8 поступает через выполненный на ППЗУ фильтр, который отфильтровывает кратковременные помехи. Данные записываются в специальный регистр, откуда они считываются в ЗУПВ со сдвоенным портом. Из абонентских

комплектов поступают данные о состоянии абонентского шлейфа, контроля передачи тарифных импульсов, о наличии платы на своем месте, сообщение о типе платы (SLU 16/ SLU 8), информация об ответе вызываемого абонента

Принципы построения и структурные параметры абонентской SSW и групповой GSW ступеней коммутации приведены в гл. 2 и 3.

Генератор тональных сигналов TG предназначен для формирования различных, в основном акустических, сигналов, требуемых на АТС. TG вырабатывает акустические сигналы "Ответ станции", "Занято", указательный сигнал, "Контроль посылки вызова", вмешательства, предупредительный сигнал об окончании разговора, уведомления "Занято при перегрузке", "Вызов". Кроме того, он формирует тестовые сигналы для проверки приемников тастатурного набора, постоянную комбинацию разрядов, передаваемую в свободный исходящий канал АТС, а также несколько фиксированных комбинаций разрядов, используемых для функций управления и диагностики АТС. Генератор TG является цифровым устройством, построенным на ППЗУ.

Блок многочастотной сигнализации MFCU функционально соответствует 16 индивидуальным передатчикам и приемникам сигнализации между ЭАТС 200 и координатными АТС. Блок является цифровым устройством и работает под управлением блока регистров RU.

Блок приемников тастатурного набора PBRU как функционально, так и по исполнению имеет много общего с блоком MFCU. Один блок PBRU соответствует 16 отдельным приемникам многочастотного кода набора цифр номера на тастатурном телефонном аппарате.

Основной задачей аппаратуры AONU является определение номера вызывающего абонента при исходящей междугородной связи.

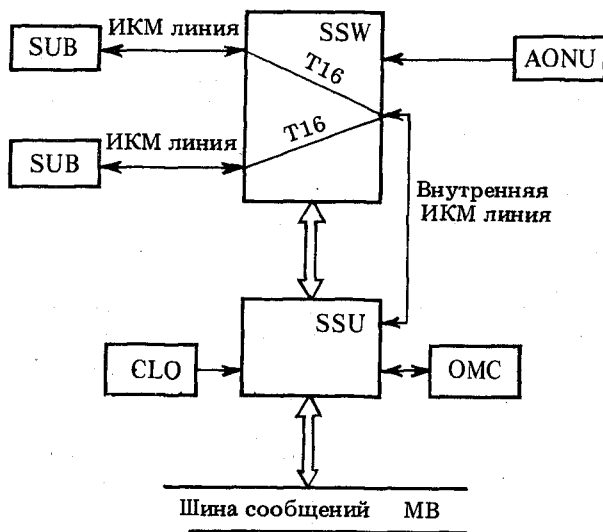


Рис. 5.25. Взаимодействие блока SSU с другим оборудованием ЭАТС 220:

AONU – блок АОН; CLO – блок синхронизации; OMC – ЭВМ технической эксплуатации

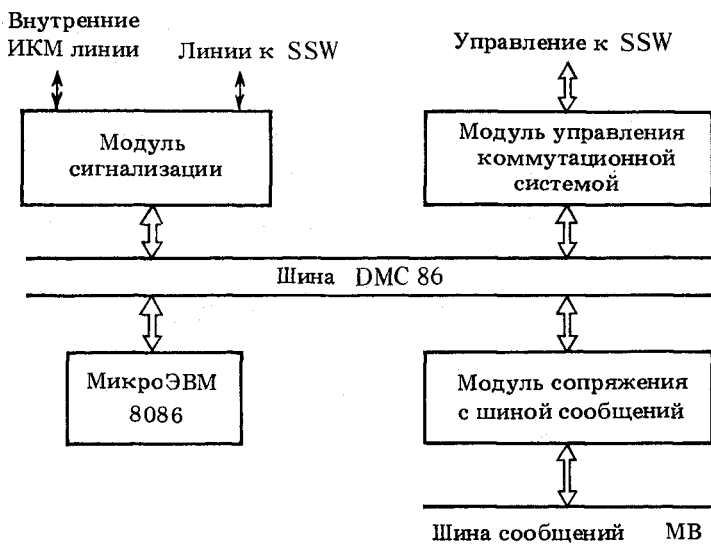


Рис. 5.26. Структурная схема блока SSU

Блок управления SSU абонентской ступенью предназначен для управления абонентской нагрузкой.

Сигнализация с абонентскими модулями SUB, связанными со ступенью SSW линиями ИКМ-30, осуществляется по 16-му каналному интервалу цикла ИКМ-30. Этот каналный интервал от каждого блока SUB через ступень SSW передается во внутренние ИКМ линии, связывающие SSW и SSU (рис. 5.25).

Обмен сообщениями с другими блоками осуществляется по шине сообщений MB. По ней передаются сообщения в блок регистров RU, блок линейной сигнализации LSU и в маркер M.

Блок SSU выполняет роль тарификатора при исходящих соединениях и накапливает информацию о длительности разговора. После окончания разговора SSU передает сведения о состоявшемся разговоре в блок статистики STU.

Конференц-связь также устанавливается STU с помощью устройств конференц-связи CNFC.

Блок SSU способен управлять нагрузкой 3904 абонентов. На станции ЭАТС 220 максимальное количество SSW и SSU равно 10.

Аппаратура SSU состоит из четырех основных частей (рис. 5.26): микроЭВМ, модуля управления коммутационной системой, модуля сигнализации и модуля сопряжения с шиной сообщений. Модули соединяются с микроЭВМ через шину DMC 86. В модуль микроЭВМ входят плата микропроцессора Intel 8086, плата ЗУПВ 256 К байт, плата перепрограммируемого ОЗУ на 512 К байт.

Блок регистров RU представляет собой устройство, контролирующее обработку вызова на этапе передачи сигнализации при установлении соединения (функционально он во многом соответствует регистру АТС координатной системы). В блоке регистров находится несколько пар регистров: один — на

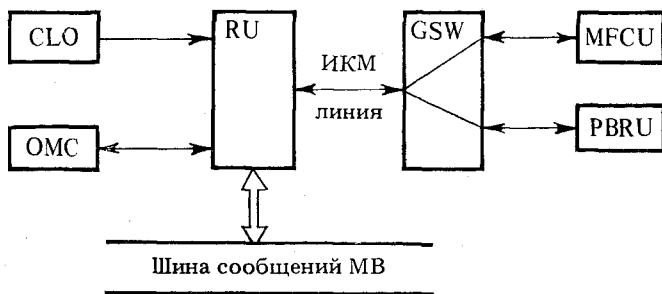


Рис. 5.27. Связь блока регистров RU с оборудованием ЭАТС 200

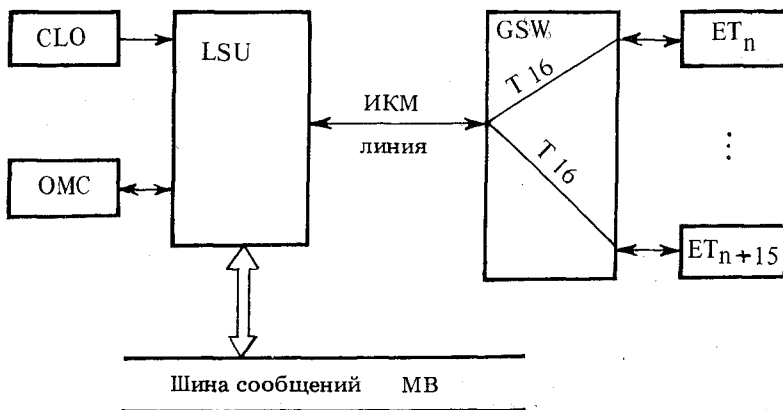


Рис. 5.28. Сопряжение блока LSU со стационарным оборудованием

прием, второй – на передачу. Каждая пара регистров работает независимо от других пар. Блок регистров RU одновременно может взаимодействовать с 16 вызовами. Взаимосвязь блоков регистров с другими устройствами ЭАТС 220 показана на рис. 5.27. В состав блока RU также входит микроЭВМ, построенная на микропроцессоре Intel 8086, с соответствующими модулями сопряжения и внутренней шиной.

Регистры блока RU участвуют в обработке вызова от момента занятия до отправки сигнала вызова. Установление соединительного тракта через GWS, отправка тональных сигналов, а также освобождение требуемых устройств сигнализации производится с помощью маркера M.

Задачей блока линейной сигнализации LSU является обработка канальной сигнализации, передаваемой в 16-м канальном интервале каждой соединительной ИКМ линии. Так как в блок LSU входит микроЭВМ 8086 с соответствующим программным управлением, блок LSU может быть использован с любой системой сигнализации, кроме сигнализации по общему каналу сигнализации (ОК). Один блок LSU способен обрабатывать линейную сигнализацию 480 речевых канальных интервалов, передаваемых по 16 ЦСП ИКМ-30 (рис. 5.28).

Блок сигнализации по общему каналу CSSU функционально соответст-

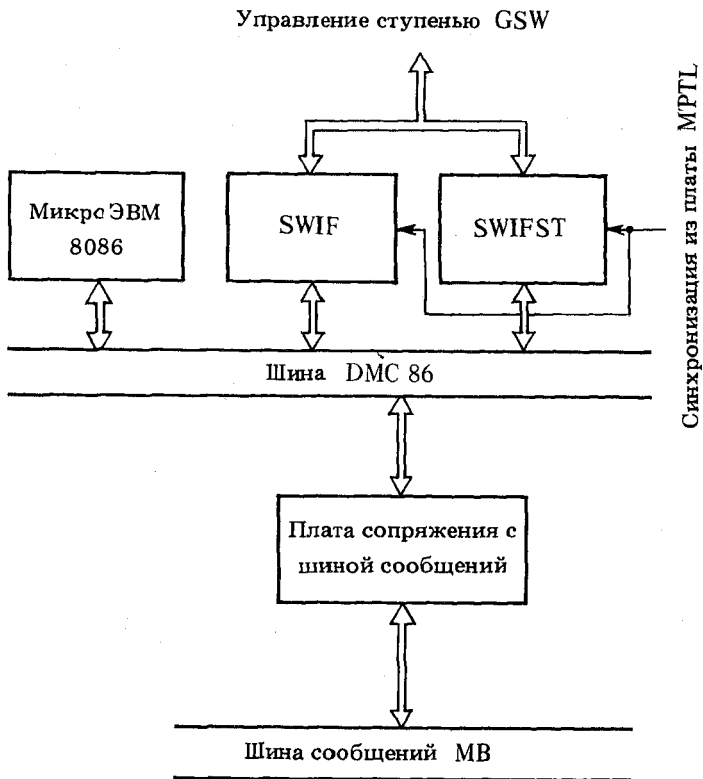


Рис. 5.29. Структурная схема маркера

вует блоку LSU, но осуществляет обработку сообщений системы сигнализации №7 МККТТ.

Осуществление пробы, а затем установление и разъединение соединения в групповой ступени коммутации возложено на маркер М (рис. 5.29). Остальные управляющие устройства не могут непосредственно управлять групповой ступенью коммутации GSW. Для одной АТС предусмотрено всего два маркера М.

Основным назначением блока статистики STU является сбор статистических данных о нагрузке. Блок STU собирает данные для учета стоимости разговора, контроля нагрузки в целях техобслуживания и для составления отчетов об эксплуатации системы. Кроме того, в блоке STU содержатся важнейшие данные о состоявшихся в АТС разговорах. Блок статистики STU подключается к шине сообщений МВ через интерфейс своей микроЭВМ 8086 и может обмениваться данными с SSU, CCSU, LSU, RU и М. При необходимости к блоку STU может быть подключен накопитель на магнитной ленте.

Банком данных в системе служит центральное ЗУ (СМ). В нем размещаются, например, таблицы с полупостоянными данными об АЛ и СЛ, способе построения сети, анализе абонентских номеров и направлений. На основе этих

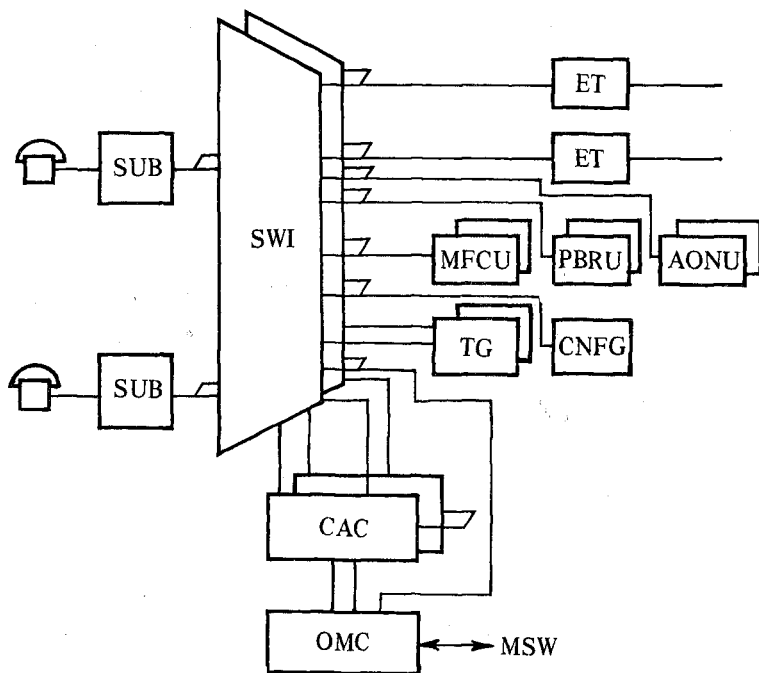


Рис. 5.30. Структурная схема АТС типа ЭАТС 210

таблиц блоки регистров принимают решения по установлению соединений.

Центральное ЗУ реализовано на микроЭВМ, подсоединенной к шине сообщений МВ.

ЭВМ технической эксплуатации (ОМС) подключается к шине сообщений МВ через интерфейс своей микроЭВМ, а к остальным блокам ЭАТС – через каналы аварийной сигнализации и каналы управления. К периферийным устройствам различных типов ОМС подключается через интерфейсы периферийных устройств (I/O). ОМС обеспечивает связь между оператором и оборудованием АТС. По мере надобности к ОМС могут быть подключены периферийные устройства различных типов: дисплеи и печатающие устройства, накопители на гибких дисках или магнитной ленте и т.д.

По каналу связи MSW ЭВМ технической эксплуатации связана с центром технической эксплуатации.

Структурная схема оборудования ЭАТС 210 (рис. 5.30) почти тождественна структурной схеме ЭАТС 220 (точнее, является частью схемы ЭАТС 220).

В ЭАТС 210 блок управления разработан в виде дублированной ЭВМ САС. С одной стороны, замена многопроцессорной системы управления в ЭАТС 220 на дублированную ЭВМ в ЭАТС 210 обеспечивает более экономичное использование программной памяти при обслуживании вызовов на небольших станциях, с другой – применение одной ЭВМ приводит к ограничению ем-

кости станции, и поэтому ЭАТС 210 предназначена для использования в качестве оконечной станции небольшой емкости.

За исключением ЭВМ, все остальные блоки ЭАТС 210 либо идентичны, либо приблизительно идентичны блокам ЭАТС 220. Коммутационная ступень SWI была рассмотрена в гл. 3.

5.5.2. PROTEL UT

В 1981 г. итальянская телефонная компания Italtel объявила о проекте разработки семейства цифровых коммутационных систем, названном PROTEO 2 (международный торговый знак PROTEL). Первые станции этого семейства были введены в строй в 1984 г.

Оборудование системы PROTEL UT позволяет создавать сельские, городские, совмещенные городские (узловые), междугородные, международные станции.

В состав системы PROTEL UT входят станции UT 10, UT 100 и удаленный концентратор MC-240.

На рис. 5.31 показано включение линий и каналов в станцию семейства PROTEL UT.

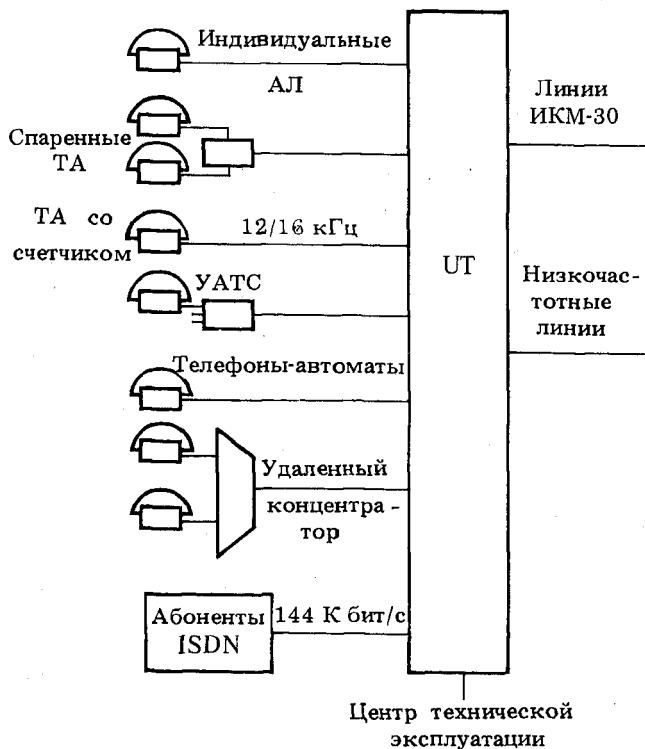


Рис. 5.31. Включение линий и каналов в местную станцию PROTEL UT: УАТС – учрежденческая АТС; ТА – телефонный аппарат

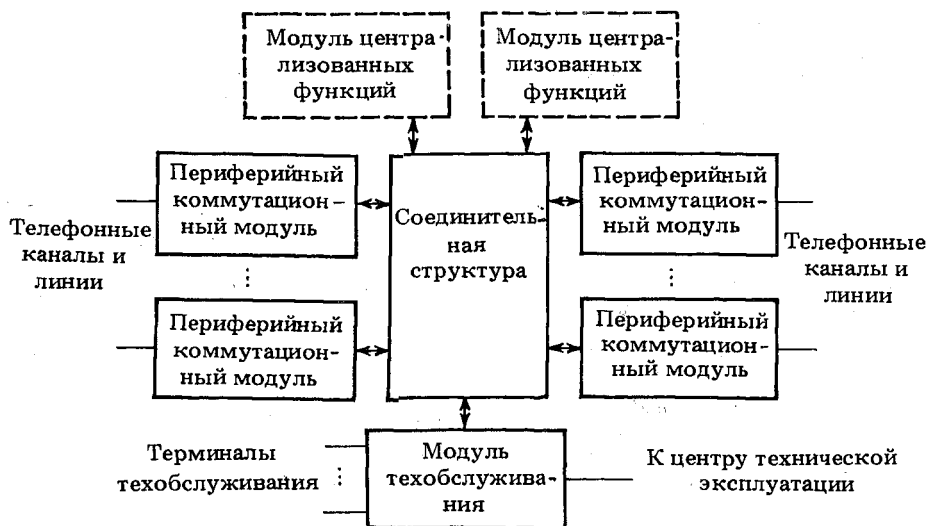


Рис. 5.32. Модульная структура построения станций PROTEL UT

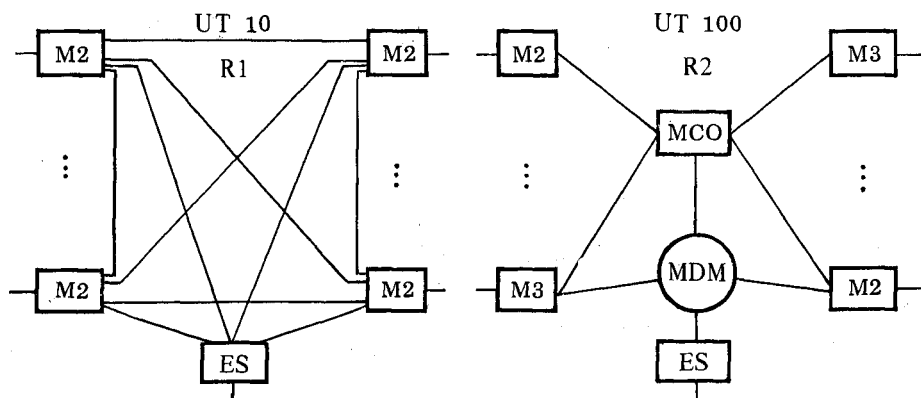


Рис. 5.33. Общие конфигурации системы PROTEL UT:

R1, R2 – соединительные структуры; M2, M3 – коммутационные периферийные модули; ES – модуль техобслуживания; MCO – соединительный модуль; MDM – модуль распределения сообщений

Станции системы PROTEL UT формируются из различных модулей (рис. 5.32), сгруппированных в три класса: периферийные коммутационные модули M2, M3; соединительные структуры R1, R2; централизованные модули (модуль технического обслуживания, модуль централизованных функций).

Периферийные коммутационные модули осуществляют связь станций с телефонными линиями и каналами. Они состоят из автономных станционных блоков, выполняющих интерфейсные функции, периферийную обработку вызова, коммутацию и контроль.

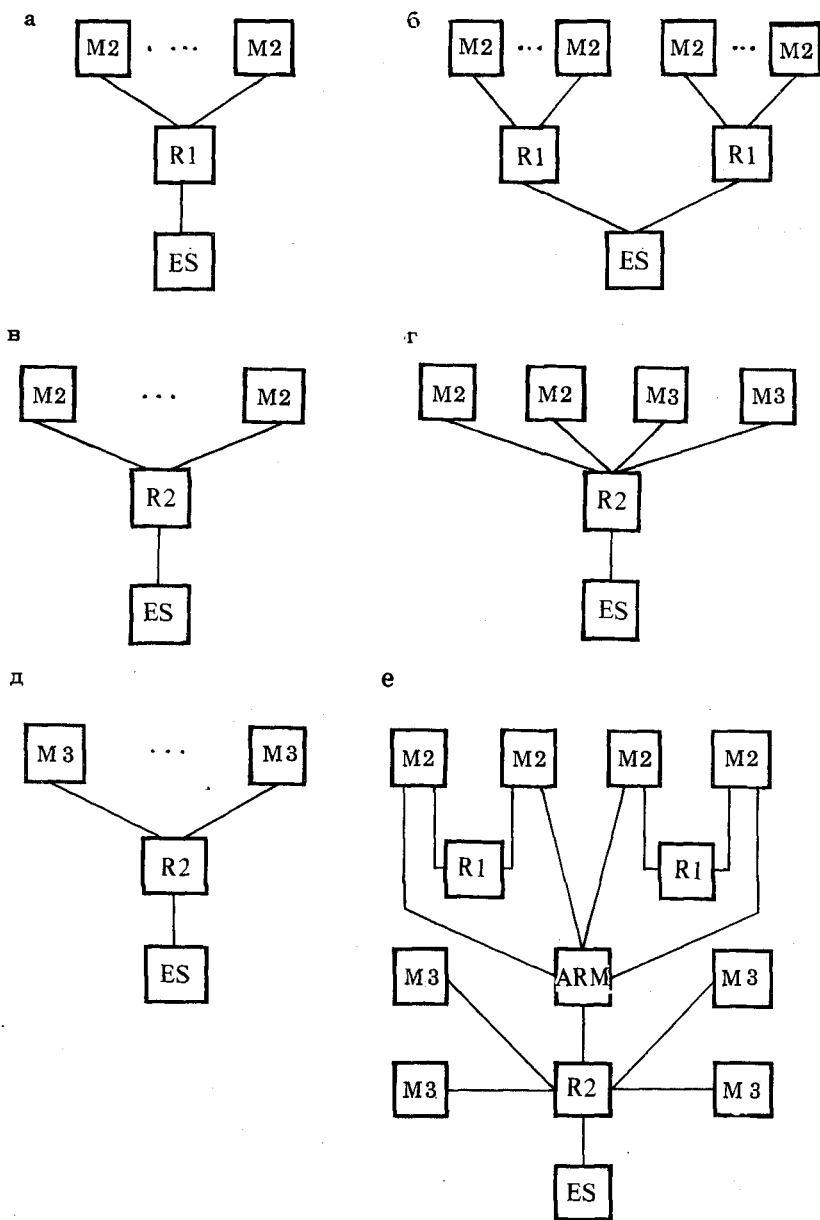


Рис. 5.34. Типовые структуры станций УТ:

а – структура 1: УТ/Р1 – комбинированная местная/узловая АТС; б – структура 2: УТ/Р1 – многостанционная структура; в – структура 3: УТ/Р2 – местная АТС; г – структура 4: УТ/Р2 – комбинированная местная/узловая станция большой емкости; д – структура 5: УТ/Р2 – узловая станция большой емкости; е – структура 6: УТ/Р1/Р2 – многостанционная структура

Управление распределено на три уровня: периферийный, модульный и централизованный. При выполнении своих функций управляющие устройства модулей взаимодействуют между собой с помощью протоколов высокого уровня.

Количество модулей каждого класса выбирается в зависимости от требуемой емкости и назначения станции. На рис. 5.33 представлены две общие структуры системы: УТ 10 и УТ 100. Емкость модулей и конфигураций следующая.

Периферийный коммутационный модуль

	M2	M3
Терминалы:		
абонентов	2000	—
линий	480	960
Общая нагрузка, Эрл:		
R1	225	—
R2	216	860
Количество обслуженных вызовов в ЧНН	7500	15 000

Соединительная структура

MCO	M2	M3	M21M3
Тип структуры:			
R1	0	—	16
R2	1	32	8
	2	64	16
	4	96	32
	8	92	64

Модуль распределения сообщения MDM

Число других модулей станции (M2, M3, MCO, ES), включаемых в один модуль KDM	101
Количество сообщений в секунду	10 000

Для различных конфигураций УТ 10 и УТ 100 может использоваться различное число модулей M2 и M3, причем при $MCO \leq 4$ один модуль M3 эквивалентен четырем модулям M2, а при $MCO = 8$ один модуль M3 эквивалентен двум модулям M2.

Максимальная емкость станций УТ 10 и УТ 100

	УТ 10 (M2, R2)	УТ 100 (M2, M3, R3)
Количество абонентов	20 000	120 000
Количество линий	5000	60 000
Пропускная способность, Эрл	3600	60 000
Количество обслуженных вызовов в ЧНН	120 000	900 000

Типовые структуры станций УТ приведены на рис. 5.34, соответствующие характеристики — в табл. 5.12.

Табл. 5.12. Характеристики станций семейства УТ

Показатель	Типовая структура					
	1	2	3	4	5	6
Количество периферийных коммутационных модулей	16 (M2)	16 (M2)	96 (M2)	92 (M2 + M3)	64 (M3)	92 (M2 + M3)
Количество входов в модули	16 × 2048	16 × 2048	96 × 2048	60 × 2048 + 32 × 1024	64 × 1024	70 × 2048 + 22 × 1024
Пропускная способность, Эрл	3600	3600	21 000	40 000	55 000	34 000
Количество вызовов, обслуженных в ЦНН	120 000	120 000	700 000	900 000	900 000	900 000
Количество станций на один модуль ES	1	1	1	1	1	1
Соединительная структура	R1	R1	R2 (4 модуля МСО)	R2 (8 модулей МСО)	R2 (8 модулей МСО)	R1, R2 (8 модулей МСО)
Транзитные линии	5000	5000	30 000	(64 модуля М3, нуль – М2)	60 000	60 000

5.5.3. DMS

В состав системы DMS входят станции DMS-100, DMS-200 и DMS-100/200. DMS-200 является междугородной АТС, DMS-100 – местной, а DMS-100/200 – совмещенной местной/междугородной АТС.

Система DMS разработана в Канаде. В 1977 г. станция-предшественница малой емкости DMS-10 была установлена в телефонной сети Канады. Первая АТС DMS-100 построена в 1979 г.

Емкость DMS-100 – 100 000 абонентских линий; DMS-200 – 61 440 каналов. Пропускная способность станций максимальной емкости – 39 000 Эрл, управляющие устройства обслуживают 350 000 вызовов в ЧНН.

Структурная схема DMS-100 показана на рис. 5.35. Схема разбита на четыре уровня:

уровень 1. Центральное управляющее устройство (СЦУ), состоящее из двух ЭВМ, работающих синхронно;

уровень 2. Центральные контроллеры сообщений (СМС), которые обеспечивают пересылку сообщений между уровнями 1 и 3;

уровень 3. КП, содержащее по 32 коммутационных модуля в каждой из двух плоскостей. Коммутационный модуль имеет структуру $(S/T) \times 4$; $S/T: (64/32) \times (64/32)$. На этом уровне находятся также входные/выходные контроллеры для подключения внешних устройств типа магнитофонов;

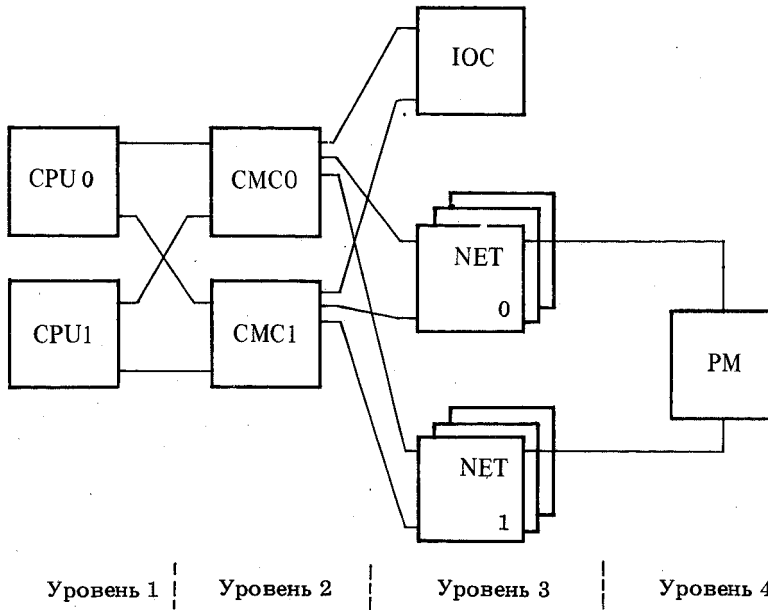


Рис. 5.35. Структурная схема DMX-100:

СМС – центральное управление сообщениями; CPU – блок центральных процессоров; ИОС – блок управления внешними устройствами; PM – периферийные модули; NET – модули КП

уровень 4. Периферийные модули, позволяющие подключить линии и каналы к станции и осуществляющие функции сканирования и сигнализации. В состав периферийных модулей входят: модули каналов ТМ, в которые можно включить до 30 аналоговых линий; линейные модули LM, в которые включаются до 640 линий; модульные устройства подключения ЦСП DCM — для включения 5 ЦСП ИКМ-24. На этом же уровне расположены модули связи с центром технического обслуживания и модули связи со столами операторов.

Между уровнями 2, 3 и 4 проложены линии ИКМ-30. Периферийными модулями управляют свои собственные управляющие устройства.

5.6. ЦИФРОВЫЕ АТС С ПОЛЯМИ КОЛЬЦЕВОЙ СТРУКТУРЫ

В состав системы коммутационного оборудования System 12 входят: ИТТ 1210 — цифровая местная и транзитная АТС для США (начало эксплуатации первой АТС — 1978 г.); ИТТ 1220 — транзитная АТС большой емкости; ИТТ 1240 — цифровая система с распределенным управлением для европейских стран (начало эксплуатации первой станции — 1982 г., Бельгия); ИТТ 1290 — система контроля и технического обслуживания сети.

Станции System 12 разрабатывались в американском (ИТТ 1210) и европейских (ИТТ 1240) филиалах транснациональной корпорации ИТТ (International Telephone & Telegraph).

Коммутационная система ИТТ 1240 может применяться на любых уровнях построения сети в качестве местных, транзитных, междугородных и международных станций:

- 1) в сельской и пригородной сети — удаленные абонентские блоки, контролируемые станции, независимые местные и транзитные станции малой и средней емкости;
- 2) в городских телефонных сетях — независимые местные и транзитные станции средней и большой емкости, удаленные абонентские блоки;
- 3) в междугородных и международных телефонных сетях — станции средней и большой емкости, в том числе оборудованные рабочими местами операторов-телефонисток.

Емкость станций ИТТ 1240 составляет от 60 до 100 000 АЛ либо от 120 до 60 000 СЛ. Пропускная способность станций максимальной емкости — свыше 25 000 Эрл, количество обслуживаемых вызовов в ЧНН — 750 000.

Удаленные абонентские блоки системы ИТТ 1240 предназначены для включения ЦСП ИКМ-30 или ИКМ-24, могут обслуживать 60...480 АЛ, имеют связь с опорной АТС по одной или двум цифровым линиям ИКМ-30.

Контролируемая станция представляет собой АТС с полной автономией обработки вызовов, но с использованием удаленных (расположенных на опорной станции) внешних ЗУ большой емкости, применяемых для выполнения большинства функций технического обслуживания и административных. На одной опорной АТС могут располагаться внешние ЗУ для одной или нескольких контролируемых АТС. Такая структура является особенно экономичной при использовании контролируемых станций в телефонных районах емкостью до 3000 абонентов.

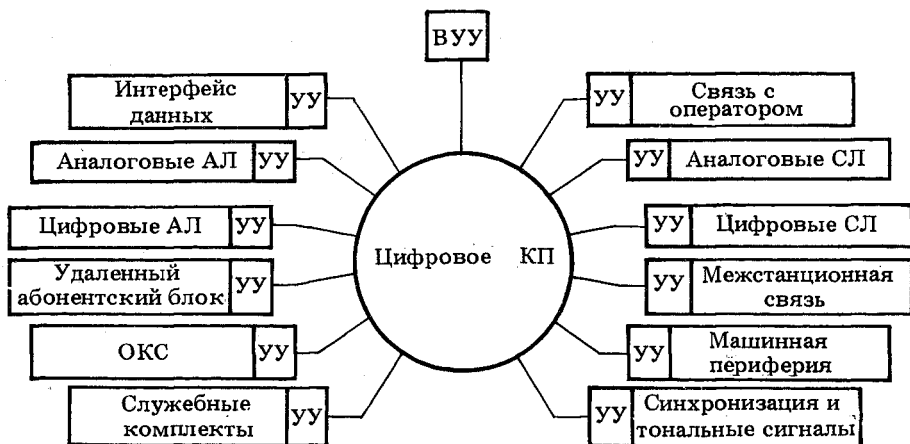


Рис. 5.36. Звездообразная структура станций ИТТ 1240:

уу – управляющее устройство модуля; ВУУ – вспомогательное управляющее устройство

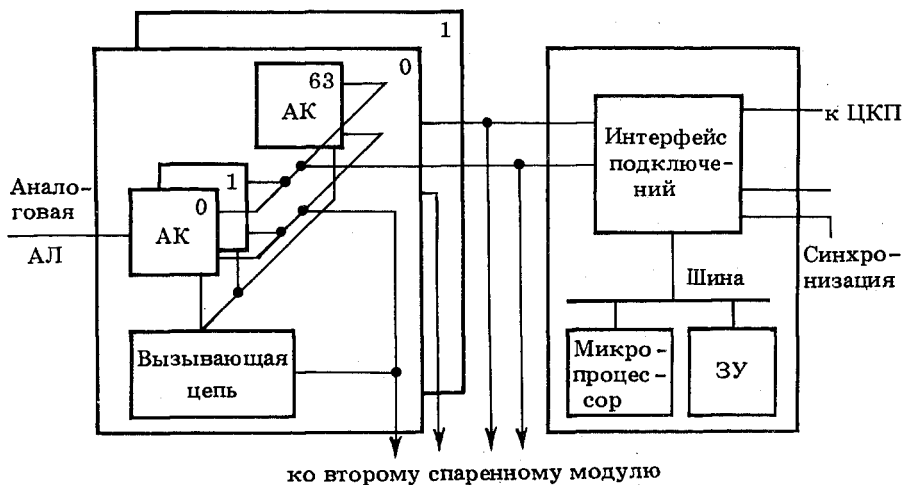


Рис. 5.37. Структурная схема аналогового абонентского модуля

В основе построения станций системы ИТТ 1240 лежит принцип подключения разнообразных модулей к общему цифровому КП (рис. 5.36).

Каждый модуль системы ИТТ 1240 состоит из двух частей: терминала и управляющего устройства. Терминалы выполняют различные функции в зависимости от типа модуля. Управляющие устройства каждого модуля управляют работой терминала и обеспечивают его подключение к цифровому КП. При этом управляющее устройство (микропроцессор осуществляет полное управление цифровым КП с помощью посылки сообщений стандартизованного формата.

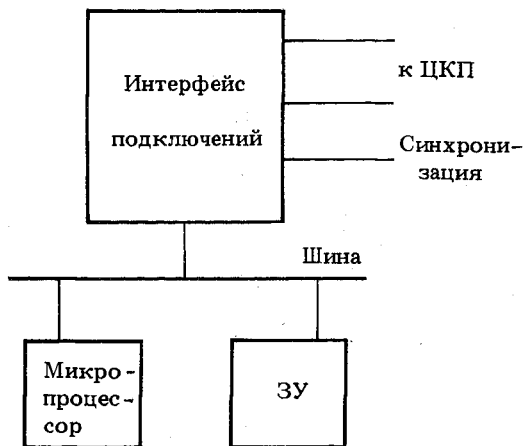


Рис. 5.38. Структура модуля вспомогательного управляющего устройства

Подробно цифровой коммутационный элемент и цифровое КП ИТТ 1240 были рассмотрены в гл. 3.

На рис. 5.37 приведена структурная схема аналогового абонентского модуля, на рис. 5.38 — вспомогательного управляющего устройства.

Благодаря модульности построения удается построить все станции телефонной сети из оборудования ИТТ 1240.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Используя понятия, введенные в § 5.1, самостоятельно определите распределенное управление, коммутацию, систему коммутации. Проиллюстрируйте эти определения примерами, используя для этого материал гл. 3 и 5.

2. Является ли АТС декадно-шагового типа распределенной системой коммутации?

3. По структурной схеме объясните разницу между станциями D 60 и D 70.

4. В чем принципиальное отличие станции ХЕ-10 от станций других систем?

5. Для станций с КП второго класса покажите зависимость емкости от числа звеньев КП.

6. В управляющем комплексе АТС могут быть осуществлены разделение функций, разделение нагрузки либо распределенное управление. Какие из этих понятий применимы к управляющему комплексу ЭАТС 200?

7. Составьте шкалу емкостей цифровых АТС. Какая станция будет иметь самую большую емкость; самую малую?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Баранов С.И., Скляров В.А. Цифровые устройства на программируемых БИС с матричной структурой. — М.: Радио и связь, 1986. — 272 с.

Безир Х., Хоер П., Кеттлер Г. Цифровая коммутация. — М.: Радио и связь, 1984. — 264 с.

Беллами Дж. Цифровая телефония. — М.: Радио и связь, 1986. — 544 с.

Васильев В.И., Буркин А.П., Свириденко В.А. Системы связи. М.: Высш. шк., 1987. — 280 с.

ГОСТ 22348–77. Единая автоматизированная сеть связи. Термины и определения. — М.: Изд-во стандартов, 1977. — 16 с.

ГОСТ 19472–80. Сети телефонные. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 29 с.

ГОСТ 22670–77. Сеть связи цифровая интегральная. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1977. – 38 с.

ГОСТ 21835–84. Устройства коммутационной техники связи управляющие. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 12 с.

Ершова Э.Б., Ершов В.А. Цифровые системы распределения информации. – М.: Радио и связь, 1983. – 216 с.

Лутов М.Ф., Жарков М.А., Юнаков П.А. Квазиэлектронные и электронные АТС. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1988. – 264 с.

Передача по линии. Оранжевая книга. – М.: Радио и связь, 1981. – Т. III. 2/МККТТ. – 186 с.

Система электронной коммутации Е 10/Под ред. М.Ф. Лутова. – М.: Радио и связь, 1983. – 320 с.

Ситняковский И.В., Порохов О.Н., Нехаев А.Л. Цифровые системы передачи абонентских линий. – М.: Радио и связь, 1987. – 216 с.

Хиллс М.Т. Принципы коммутации в электросвязи. – М.: Радио и связь, 1984. – 310 с.

Цифровые системы передачи / В. Маевский, Ф. Блоцкий, А. Новак и др. – М.: Связь, 1979. – 262 с.

Цифровые фильтры в электросвязи и радиотехнике / А.В.Брунченко, Ю.Т.Бутыльский, Л.М. Гольденберг и др.; Под ред. Л.М. Гольденберга. – М.: Радио и связь, 1982. – 224 с.

Чуркин В.П. Асинхронные цифровые системы коммутации. – М.: Радио и связь, 1985. – 192 с.

Штагер В.В. Электронные системы коммутации. – М.: Радио и связь, 1983. – 231 с.
Электронно-цифровые системы коммутации / И.Ф. Болгов, Т.И. Гуан, О.А. Соболев, А.В. Танько. – М.: Радио и связь, 1985. – 144 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Абонентский комплект цифровой АТС 121
- - - - АХЕ 10 126
- - - - D 70 127
- - - - ЭАТС 200 122
Алгоритм квазисимметричный 109
- симметричный 107
- установления независимых соединительных путей 107
- Блок адресной информации 33
- Выравнивание цифровое 16
- - положительно-отрицательное 16
- Деконцентрация системной функции 141
Децентрализация 141
Дискретизация аналогового сигнала по времени 8
- Законы компандирования 10
Запоминающее устройство 24
- - речевое 24
- - управляющее 24
Звено 49
- Иерархия операций 141
- функциональных блоков 141
- цифровых систем передачи 12, 15
ИКМ-30 12, 17
ИКМ-120 15, 18
ИКМ-480 18
ИКМ-1920 18
Интервал дискретизации 8
- Канал передачи 7
- - типовой 7
Канальный интервал 12
Квантование 9
- равномерное 9
Код двоичный натуральный 11
- - симметричный 11
Кодирование квантованного сигнала 11
Кодовое слово 11
Коммутация 20
- аналоговая 20
- каналов 20
- многокоординатная 20
- однокоординатная 20
- пакетов 20
- сообщений 20
- цифровая 20
Компандирование 10
Компрессия 10
- цифровая 10
Концентратор 49
- аналого-цифровой 52
- линейный KN 1000 102
- удаленный 52
- - NEAX 61 101
- - FETEX 150 102
- цифровой 52
Концентрация системной функции 141
Концепция единой машины 139
- Линия передачи 7
- Матричная схема 31
Модуль коммутационный удаленный 52
Модульное расширение цифровых коммутационных полей 112
- - - - независимыми модулями 114
- - - - простое 112
Модуляция 8
- импульсно-кодовая (ИКМ) 8-11
- Недостатки цифровых АТС 6
- Объединение временное 11
- - однородное 12
- - погрупповое 12
Описание коммутационного поля
АХЕ 10 65
- - - D 60 70
- - - D70 70
- - - ESS N 4 72
- - - ESWD 25
- - - ITS 64
- - - MT 72

- NEAX 61 70
- PROTEL UT 81
- System X 72
- SWI 75
- ЭАТС 75
- Оптимизация коммутационного поля 100
- Отсчет 8
- Погрешность дискретизации 9
- Поиск обусловленный 110
 - свободный 110
 - соединительного пути "от точки к точке" 110
- Поле коммутационное цифровое 49
 - второго класса 64
 - кольцевое 82
 - неразделенное 107
 - первого класса 63
 - разделенное 106
 - третьего класса 72
 - четвертого класса 75
- Преимущества цифровых АТС 5
- Преобразование пространственной координаты 31
- Признак раздельный 20
- Принцип коммутации цифрового сигнала временной 23
 - пространственно-временной 37
 - пространственный 31
- Пространство признаков 20
- Разделение временное 12
 - источников нагрузки 141
- Распределение нагрузки 141
 - функций 141
- Расширение цифрового коммутационного поля независимыми модулями 14
- Режим "медленная запись/быстрое чтение" 26
 - работы запоминающего устройства T-ступени 24
 - "раздельная запись-раздельное считывание" 26
- Сверхцикл 12
- Сигнал 7
 - дискретный дискретного времени (цифровой) 7
 - непрерывного времени 7
 - непрерывный дискретного времени (дискретный) 7
- - непрерывного времени (аналоговый) 7
- Система коммутации каналов распределенная 141
 - коммутационная 49
 - цифровая 49
 - AXE 10 160
 - D 60 149
 - DMS 183
 - D 70 149
 - E 1 151
 - ESS N 4 161
 - ESWD 166
 - FETEX-150 145
 - GTD-5 EAX 168
 - HDX 10 143
 - ITS 142
 - KB 270 156
 - MT 162
 - NEAX 61 153
 - PROTEL UT 178
 - TDX-1 157
 - System X 166
 - System 12 184
 - XE 10 157
 - ЭАТС 200 169
- передачи 7
 - аналоговая 8
 - с разделением каналов временным 7
 - частотным 7
 - цифровая 8
 - высших порядков 12
 - первичная 12
- Системная функция 139
- Сопряжение цифровой АТС с аналоговыми физическими соединительными линиями 118
 - с линиями передачи с ЧРК 132
 - с ЦСП 130
- Станция коммутационная 49
- Структура коммутационного поля симметричная 62
- Структурный синтез цифровых коммутационных полей четвертого класса 114
- Ступень коммутации 24
 - - временная (T-ступень) 24
 - - пространственная (S-ступень) 33
 - - пространственно-временная (S/T-ступень) 39
- Стык абонентский 118

– цифровой 118

Тракт линейный 7

Трансмультимплексор 133

– аналоговый 134

– цифровой 134

Уровни квантования 9

Функция BORSCHT 121

– приведенной стоимости 110

Цель физическая 7

Цикл временного объединения 12

– – – основной 12

Частота дискретизации 8

Число доступа 25

Шум квантования 9

Эквивалент пространственный 105

Экспандирование 10

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Условные сокращения	4
Введение	5
1. Цифровые системы передачи	
1.1. Основные определения и понятия	7
1.2. Импульсно-кодовая модуляция аналогового сигнала электросвязи	8
1.3. Временное объединение и разделение ИКМ каналов	11
1.4. Иерархия цифровых систем передачи	12
1.5. Краткая характеристика отечественных ЦСП	16
Вопросы и задания	19
2. Принципы цифровой коммутации	
2.1. Термины и определения	20
2.2.1. Принцип временной коммутации	
2.2.1. Принцип временной коммутации	23
2.2.2. Временная ступень коммутации	24
2.3. Пространственное преобразование цифрового сигнала	31
2.3.1. Принцип преобразования пространственной координаты цифрового сигнала	31
2.3.2. Коммутационные блоки пространственного преобразования	33
2.3.3. Синтез комбинационной части S-ступени на ПЛИМ	33
2.4. Пространственно-временное преобразование координат цифрового сигнала	37
2.4.1. Принцип пространственно-временной коммутации	37
2.4.2. Коммутационные блоки и матрицы, реализующие принцип пространственно-временной коммутации	39
Вопросы и задания	46
3. Мгновенные цифровые коммутационные поля	
3.1. Определения и понятия	49
3.2. Особенности многозвенных цифровых КП	62
3.3. Обзор структур многозвенных цифровых КП	62
3.3.1. Классификация цифровых КП	62
3.3.2. Цифровые КП первого класса	63
3.3.3. Цифровые КП второго класса	64
3.3.4. Цифровые КП третьего класса	72
3.3.5. Цифровые КП четвертого класса	75
3.3.6. Допустимое запаздывание сигнала в многозвенных цифровых КП.	81
3.4. Цифровые КП кольцевой структуры	82
3.5. Концентраторы цифровых АТС	96
3.6. Использование пространственных эквивалентов для анализа и синтеза цифровых КП	105
3.7. Оценка сложности многозвенных цифровых КП	110
3.8. Структурный синтез многозвенных цифровых КП четвертого класса	114
Вопросы и задания	117
4. Согласование цифровой АТС с линиями и системами передачи в телефонной сети	
4.1. Стыки цифровых АТС	118
4.2. Организация стыка аналоговой АЛ с цифровой АК	120
4.2.1. Формулировка проблемы	120
4.2.2. Включение АЛ в систему ЭАТС 200	122
4.2.3. Абонентский комплект цифровой АТС АХЕ 10	126

4.2.4. Полностью электронный абонентский комплект цифровой АТС D70	127
4.3. Сопряжение цифровой АТС с аналоговыми физическими соединительными линиями	128
4.4. Сопряжение цифровых АТС с ЦСП	130
4.5. Включение линий передачи с ЧРК	132
Вопросы и задания	138
5. Обзор цифровых АТС	
5.1. Понятия и определения	139
5.2. Цифровые коммутационные системы с полем первого класса	142
5.2.1. ITS	142
5.2.2. HDX 10	143
5.3. Цифровые коммутационные системы с полем второго класса	145
5.3.1. FETEX-150	145
5.3.2. D 60 и D 70	149
5.3.3. NEAX 61	153
5.3.4. KB 270.	156
5.3.5. XE-10	157
5.3.6. TDX-1	157
5.3.7. E 1	157
5.3.8. AXE 10.	160
5.3.9. № 4 ESS	161
5.4. Цифровые коммутационные системы с полем третьего класса	162
5.4.1. MT	162
5.4.2. System X.	166
5.4.3. ESWD	166
5.4.4. GTD-5 EAX	168
5.5. Цифровые коммутационные системы с полем четвертого класса.	169
5.5.1. ЭАТС 200	169
5.5.2. PROTEL UT	178
5.5.3. DMS	183
5.6. Цифровые АТС с полями кольцевой структуры	184
Вопросы и задания	186
Рекомендуемая литература	186
Предметный указатель	188

Учебное издание

Баркун Михаил Алексеевич

ЦИФРОВЫЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ ТЕЛЕФОННЫЕ СТАНЦИИ

Младший редактор *А.М. Апель*. Художественный редактор *Ю.С. Сергачев*. Технический редактор *Л.И. Счисленок*. Корректоры *Л.А. Еркович, Н.Б. Назарева*. Оператор *И.В. Скубий*

ИБ № 2912

Подписано в печать с оригинала-макета 25.01.90г. АТ 03517. Формат 60х90/16. Бумага кн. журн. Офсет. печать. Усл. печ. л. 12. Усл. кр.-отг. 12. Уч. изд. л. 13,93. Тираж 3000 экз., Зак. 5303. Цена 90 к.

Издательство "Вышэйшая школа" Государственного комитета БССР по печати. 220048, Минск, проспект Машерова, 11
 Типография "Победа". 222310, Молодечно, ул. Тавлая, 11.