

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное агентство по образованию  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КАЗАНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. А.Н. ТУПОЛЕВА - КАИ»  
ИНСТИТУТ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

А.А. АВКСЕНТЬЕВ, В.Л. САФОНОВ

## **ОСНОВЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОММУТАЦИИ**

Учебное пособие

*Рекомендовано к изданию Учебно - методической комиссией  
ИРЭТ КНИТУ им. А.Н. Туполева-КАИ*

Казань 2012

УДК 621.39  
ББК 32.88  
О-75

Рецензенты:

Профессор, докт. техн. наук. В.И. Анфиногентов  
(Казанский филиал ПГУТИ),  
Канд. техн. наук А.В. Григорьев  
(филиал ОАО «МТС» в РТ)

*Авксентьев А.А., Сафонов В.Л.*

О-75 Основы автоматической коммутации: Учебное пособие /Под ред. В.Л. Сафонова. Казань: ЗАО «Новое знание», 2012. -84 с.

**ISBN 978-5-89347-622-0**

Рассмотрены абонентские терминалы и абонентские комплекты телефонных станций, принципы работы телефонных коммутаторов разных поколений и цифровых АТС двух типов, вопросы сигнализации и синхронизации. Приведены сведения из теории распределения информации и сведения о коммутаторах АТМ.

Для студентов, обучающихся по специальностям «Многоканальные телекоммуникационные системы», «Средства связи с подвижными объектами».

Табл. 1. Ил. 69. Библиография: 10 назв.

УДК 621.395  
ББК 32.88

**ISBN 978-5-89347-622-0**

© А.А. Авксентьев, В.Л. Сафонов, 2012  
© ЗАО «Новое знание»,  
оформление, 2012

## **Введение**

Сети проводной телефонной связи являются наиболее распространенной составляющей современной техники связи. Вопросы построения сетей с механическими коммутаторами подробно рассмотрены в [3]. В настоящее время телефонные сети переживают период развития и совершенствования на основе цифровой, волоконно-оптической и другой техники в условиях конкуренции с сетями передачи данных и сетями, основанными на радиосвязи. Проводными телефонами пользуются миллионы людей, все новые сети связи обязательно должны обеспечивать стыковку с существующими сетями проводной телефонии, поэтому современные специалисты связи должны знать принципы их работы.

В учебном пособии рассмотрены основы автоматической телефонной связи. Его разделы посвящены абонентским терминалам и абонентским комплектам автоматических телефонных станций (АТС), принципам работы телефонных коммутаторов разных поколений, сигнализации и синхронизации в сетях связи. В пособии приведены сведения из теории распределения информации, структурные схемы двух типов АТС и их блоков, описаны принципы их функционирования. Последний раздел пособия посвящен основам функционирования сетей АТМ с пакетной передачей информации и коммутаторов этих сетей.

Материал пособия является первой частью учебно-методического комплекса по дисциплине «Сети связи и системы коммутации» для специальностей «Многоканальные телекоммуникационные системы» и «Физика и техника оптической связи», по дисциплине «Средства коммутации систем подвижной радиосвязи» для специальности «Системы связи с подвижными объектами». Материалы второй части комплекса приведены в [2].

## **Раздел 1. Основные сведения о сетях проводной телефонной связи**

### **1.1. Структура сети телефонной связи**

Основное назначение сетей телефонной связи – обеспечение связи абонентов через абонентские устройства (АУ) – телефонные аппараты (ТА). АУ по абонентским линиям (АЛ) подсоединяются к коммутационным узлам (КУ), которые называют автоматическими телефонными станциями (АТС). В большом городе обычно имеется несколько КУ, которые соединены соединительными линиями (СЛ). Упрощенная схема городской телефонной сети связи с тремя коммутационными узлами [3] показана на рис.1.1. Абоненты предприятий, учреждений подключаются к учрежденческим, производственным телефонным станциям (УПАТС), которые подключаются к городской АТС по АЛ или по СЛ.

АЛ подключаются к телефонным кабелям, которые прокладываются под землей в кабельной канализации. Совокупность таких кабелей и устройств для подключения к ним АУ называется линейными сооружениями сети. В коммутационном узле линейные кабели подключаются к плинтам линейной части кросса. Кроссом называется устройство для соединения линейных и станционных

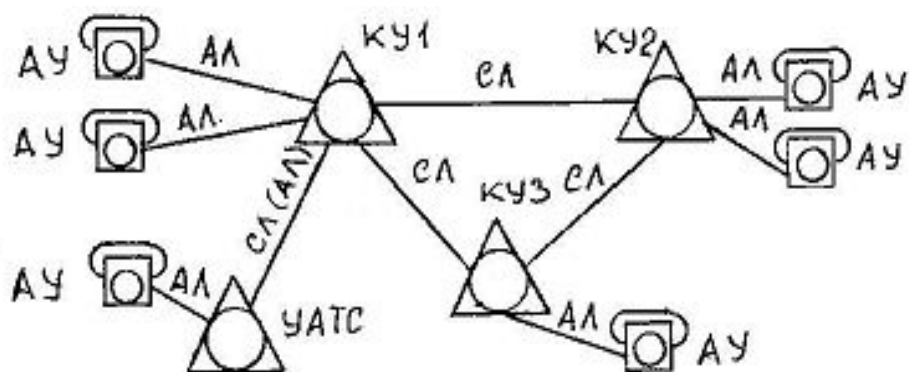


Рис. 1.1



Рис. 1.2

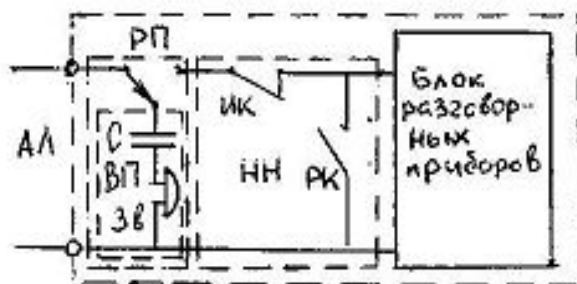


Рис. 1.3

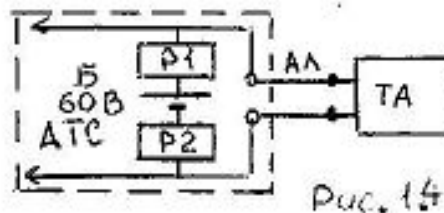


Рис. 1.4

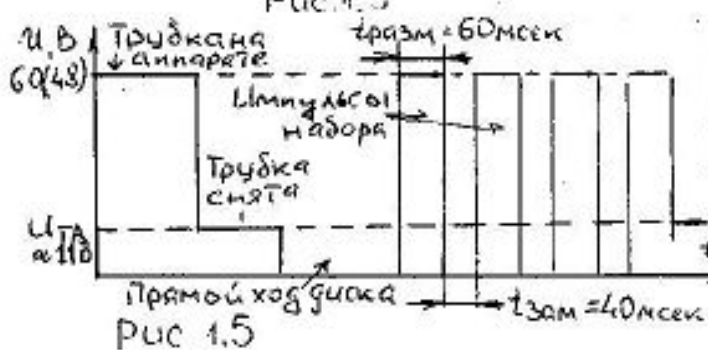


Рис. 1.5

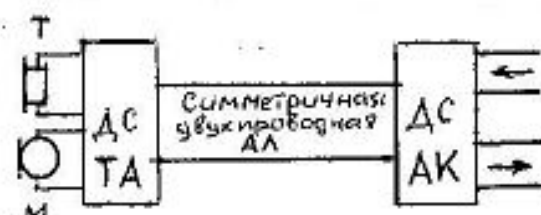


Рис. 1.7

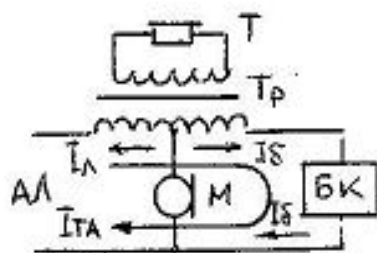


Рис. 1.8

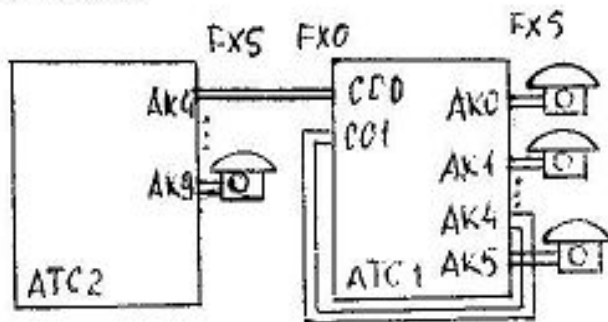


Рис. 1.9

кабелей. Кабели, подключенные к станции, подключаются к плинтам стационарной части кросса. В кроссе выполняется соединение проводных пар линейных и стационарных кабелей кроссировочным проводом, которое осуществляет подключение конкретного абонента к входу станции с конкретным телефонным номером.

Совокупность линейных и стационарных средств, предназначенных для соединения оконечных (абонентских) устройств, называется соединительным трактом. Трактом передачи информации называют совокупность соединительного тракта, и абонентских устройств, обеспечивающую передачу и прием информации во время соединения между абонентами. Соединения может устанавливаться на время, необходимое для передачи одного сообщения, или же длительное время. Коммутация первого вида называется оперативной, а второго – кроссовой. Оперативная коммутация осуществляется коммутационными приборами. Для осуществления нужного соединения на КУ от вызывающего абонентского устройства должна поступить адресная информация, а из КУ в абонентские устройства посылаются информационные сигналы для оповещения абонентов о различных ситуациях, возникающих в процессе установления соединения (сигналы вызова, занятости и т.д.).

Кроссовая коммутация выполняется путем подсоединения линий на промежуточных - кроссах.

Упрощенная структурная схема АТС [4] показана на рис.1.2. АТС состоит из блоков абонентских стыков (их может быть несколько), к которым подключаются абонентские линии, блока сетевых стыков, к которым подсоединяются соединительные линии и системы передачи информации от других станций, коммутатора, осуществляющего оперативную коммутацию, специального стационарного оборудования и устройства управления. В зависимости от числа абонентов и места в сети различают опорные, транзитные и опорно – транзитные АТС. Опорными называют АТС, к которым можно подключать абонентские линии. Транзитные АТС не имеют блоков абонентских стыков. Транзитные АТС используются, например, в качестве автоматических междугородних телефонных станций (АМТС), к которым подключаются соединительные линии городских АТС и соединительные линии АМТС других городов. Опорно-транзитные АТС имеют и абонентские и соединительные линии.

В схемах современных телефонных сетей, в качестве соединительных линий используются многоканальные системы передачи информации или каналы, выделяемые в транспортных сетях.

### **1.2. Абонентские терминалы**

Абонентский стык – совокупность правил, по которым работают станции при соединении с абонентскими терминалами (АТ) - телефонными аппаратами (ТА), факсами, модемами. АТ подключаются к абонентским комплектам станций по симметричным двухпроводным линиям. Абонентский комплект современной цифровой АТС обеспечивает выполнение стандартных функций, обозначаемых [4] аббревиатурой BORSCHT, которая расшифровывается так.

В – Battery – подача питания на ТА (должна обеспечивать питание ТА - 60В, 20 мА)

О – Overvoltage – защита станции от посторонних напряжений

R – Ringing – подача вызывного сигнала

S – Supervision – наблюдение за линией (трубка снята или лежит на аппарате)

C – Coding – кодирование сигнала с микрофона абонента и преобразование цифрового сигнала станции в аналоговый сигнал для наушника ТА

H – Hybrid - функция дифсистемы - подключение симметричной двухпроводной абонентской линии к четырехпроводному станционному тракту

T - Testing обеспечение возможности тестирования абонентской линии станцией.

Интерфейс абонентского комплекта станции называют FXS (Foreign Exchange Station или Subscriber). Не останавливаясь на особенностях схем конкретных абонентских терминалов, рассмотрим упрощенную структурную схему простого телефонного аппарата [7], показанную на рис. 1.3. ТА состоит из переключателя, связанного с рычагом подъема трубки - РП, вызывного прибора - ВП, номеронабирателя - НН, блока разговорных приборов - Блок РП. На схеме обозначено: РК – разговорный ключ, ИК – импульсный контакт АЛ – абонентская линия.

Вызывной прибор. Когда трубка лежит на аппарате, абонентская линия подключена к вызывному прибору - звонку через конденсатор С. Для того, чтобы звонок заработал, станция выдает в линию вызывной сигнал с напряжением  $U = 16...110$  В и с частотой  $f = 16...50$  Гц (функция R - ringing). Вызывной сигнал переменного тока проходит через конденсатор на звонок, звонок звенит. В АТС абонентская линия подключается к станционной батарее (48 или 60 В) см. рис. 1.4. Конденсатор препятствует прохождению через звонок постоянного тока, поэтому при положенной трубке постоянный ток через аппарат не проходит. При снятии трубки с аппарата, РП подключает линию к разговорным приборам ТА и через аппарат течет ток. Таким образом, при снятии трубки в линии появляется постоянный ток и срабатывают реле Р1 и Р2 на схеме рис. 1.4. По появлению в линии постоянного тока станция фиксирует факт подключения абонента (функция S - supervision).

Номеронабиратель. В цифровых АТС предусмотрена возможность подключения к станции ТА с импульсным или тональным набором номера абонентом. Для импульсного набора номера номеронабиратель имеет импульсный (ИК) и разговорный (РК) ключи. РК обычно разомкнут. Он замыкается при наборе номера и замыкает цепь разговорных приборов во время набора номера. ИК обычно замкнут. Он размыкается при наборе номера, число размыканий равно набираемой цифре номера. При размыкании ИК тока в линии нет, напряжение в линии равно напряжению станционной батареи 60 (48 у импортных станций) В, при замыкании ИК напряжение в линии равно 0. Сигналы импульсного набора номера регламентируются ГОСТ 10710-81. Номинальное время замыкания 40 миллисекунд, размыкания - 60 миллисекунд, период следования импульсов - 100 миллисекунд. Межсерийная пауза – пауза между импульсами разных цифр должна быть не менее 650 мсек. Осциллограмма напряжения в линии при импульсном наборе цифры 4 показана на рис. 1.5.

При тональном наборе номера (ГОСТ 25554 – 82) каждая цифра передается одним импульсом длительностью 40 мсек, который заполнен сигналами 2-х частот из верхней и нижней групп частот.

f, Гц	1209	1336	1477	2633
697	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>A</b>
770	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>B</b>
852	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>C</b>
941	*	<b>0</b>	#	<b>D</b>

Рис.1.6

На рис. 1.6 показана сетка используемых частот в комбинации с изображением клавиатуры, по которой легко определить комбинации частот для каждой из цифр, например, для передачи цифры 5 используются частоты 1336 Гц и 770 Гц. При передаче нескольких цифр минимальная пауза между цифрами 25 мсек. Импульсный и тональный наборы номера – это два варианта абонентской сигнализации.

Блок разговорных приборов – включает: микрофон (М) и наушник (Т), которые подключаются к линии через дифференциальную систему (ДС, гибридная схема). Аналогичная дифференциальная система имеется и в абонентском комплекте станции для подключения двухпроводной симметричной абонентской линии рис.1.7 к четырех - проводному тракту станции к АЦП и к ЦАП. Схема соединения разговорных приборов ТА по симметричной двухпроводной линии к станции показана на рис. 1.7. Известно много вариантов схем ДС. Одной из них является схема устранения местного эффекта в ТА. Местным эффектом называется попадание сигнала микрофона ТА в наушник того же аппарата (эффект эхо). Схема блока разговорных приборов с простейшей схемой устранения местного эффекта в ТА показана на рис. 1.8. Обозначения на схеме: АЛ – абонентская линия, М – микрофон, Т – наушник, Тр – телефонный трансформатор, БК – балансный контур. Пусть микрофон – источник электрического сигнала. Он возбуждает в обмотках трансформатора токи  $I_b$  и  $I_l$ . Если сопротивление БК равно сопротивлению АЛ, токи  $I_b$  и  $I_l$  одинаковы, но направлены в противоположные стороны, поэтому сигнал от микрофона не попадает в наушник, т. к. каждый из токов наводит во вторичной обмотке одинаковое и противофазное напряжение. Сигнал от микрофона другого аппарата проходит через обмотку до БК и через трансформатор попадает в наушник.

Во время работы станция посылает абоненту различные сигналы, в соответствии с протоколом абонентского стыка. Основные сигналы, посылаемые станцией абоненту, приведены в Таблице 1.

Таблица 1. Сигналы от станции к абоненту

Ответ станции наименование	Длительность, с		f, Гц	Уровень напряжения
	Импульс	Пауза		
Ответ станции	Непрерывный		425±25	
Сигнал посылки вызова	0,8±0,1 1,0±0,1	3,2±0,1 4,0±0,1	16...50	16...110В
Контроль посылки вызова	0,8±0,1 1,0±0,1	3,2±0,1 4,0±0,1	425±25	
Занято	0,3...0,4	0,3...0,4	425±25	

У мини АТС имеются входы, по которым АТС можно подключить

к абонентским линиям внешней (городской) АТС. Такие входы АТС называются входами комплектов двухпроводных соединительных линий, СО или интерфейсами FXO (Foreign Exchange Office). Со стороны этих входов АТС аналогична телефонному аппарату, т.е. способна выполнять следующие функции:

- 1) принимать вызывной сигнал
- 2) подключаться к линии аналогично снятию трубки
- 3) посылать в линию сигналы набора номера
- 4) подключать разговорный тракт.

Поскольку телефонный аппарат может быть подключен к абонентскому комплекту станции, вход комплекта двухпроводной соединительной линии можно подключить к входу абонентского комплекта рис. 1.9. Такое соединение используется при проверке функционирования станции и в лабораторной работе при моделировании подключения к внешней АТС.

*Контрольные вопросы к разделу 1*

1. Поясните назначение кросса.
2. Чем отличаются опорные и транзитные АТС.
3. Перечислите функции абонентского комплекта цифровой АТС.
4. Назначение дифференциальной системы абонентского комплекта.
5. Чем отличается импульсный набор номера от тонального?
6. Почему звонок телефонного аппарата подключается к абонентской линии через конденсатор?
7. Перечислите основные сигналы, которые станция посылает абоненту.
8. Назначение абонентских линий.
9. Назначение соединительных линий.
10. Поясните, почему при снятии трубки телефонного аппарата напряжение постоянного тока в линии уменьшается.

## **Раздел 2. Коммутационные приборы и соединители**

### **2.1 Классификации коммутационных приборов**

Коммутационными приборами (КП) – называются устройства [3], с помощью которых можно скачкообразно изменять состояние проводимости электрических цепей (замыкать или размыкать их) на определенный промежуток времени. Различают контактные и бесконтактные КП. В бесконтактных КП изменение проводимости прибора происходит путем изменения параметров цепи (сопротивления, емкости, степени намагниченности).

КП делят на четыре вида: реле, искатели, соединители и многократные соединители.

Коммутационный прибор, имеющий два устойчивых состояния и переходящий из одного состояния в другое под действием сигнала  $R$ , поступающего из управляющего устройства (УУ), называется реле. В одном состоянии реле отсутствует соединение между проводами входа и выхода, а в другом – устанавливается соединение.



КП с одним входом и  $m$  выходами, обеспечивающий выбор одного из  $m$  выходов и подключение к нему входа, называется искателем. Условные обозначения искателей на принципиальных схемах показаны на рис. 2.1,а. У искателей  $m > 2$ , проводность  $l \geq 1$ .

КП, имеющий  $m$  выходов и  $n$  входов, каждый из которых может быть подключен к любому из определенных, только ему доступных выходов, называется многократным соединителем (МКС). Условные обозначения МКС показаны на рис. 2.1,б.

Соединителем называется КП, имеющий  $n$  входов, в котором может быть установлено соединение любого из  $n$  входов с любым из  $m$  выходов, причем одновременно может быть установлено  $\min(m, n)$  соединений. Условные обозначения соединителей показаны – на рис. 2.1, в. Иногда соединитель называют коммутационной матрицей.

## 2.2. Электромеханические искатели

В АТС первого поколения использовались электромеханические (шаговые) искатели - коммутационные устройства, в которых коммутация между входом и выходом создается за счет механического контакта скольжения типа щетка-ламель. Шаговый искатель имеет три основных части: контактное поле (статор) – совокупность изолированных ламелей, к которым подключается  $l$  – проводной выход искателя; подвижная часть (ротор) – щетки к которым подключается  $l$  – проводной вход искателя; движущий механизм (привод), перемещающий точки ротора в требуемое положение.

В шаговых искателях движущий механизм использует электромагнит. Каждый импульс тока в обмотке электромагнита перемещает ротор на один шаг и перемещает щетку на следующую ламель.

Используются шаговые искатели ШИ-11, ШИ-17, ШИ-25. Число в обозначении (емкость) равно количеству ламелей в поле искателя. В искателе одновременно переключается  $l$  проводов. В разных искателях проводность (число переключаемых проводов)  $l = 3 \dots 8$ .

Декадно-шаговый искатель ДШИ-100 (рис. 2.2,а) характеризуется декадным (десятичным) построением поля и шаговым подъемно-вращательным движением щеток. Контактное поле состоит из трех, расположенных одна под другой секций а, б, с. Каждая из секций содержит 10 рядов контактных ламелей по 10 ламелей в каждой рис.2.2,б. Искатель трех проводной  $l = 3$ , имеются три щетки для проводов а, б, с. У искателя имеется два привода: вращательный ВЭ и подъемный ПЭ. Импульсы, подаваемые на ВЭ, обеспечивают перемещение щеток по горизонтали. Импульсы, подаваемые на подъемный привод – по вертикали.

Сопротивление щетка-ламель у электромеханических искателей обычно не более 2 Ом. Время установления одного соединения (при скорости движения щеток 25 – 35 шагов в секунду составляет 200...700 мс). Срок службы  $10^5 \dots 10^6$  рабочих циклов без ремонта. Упрощенная схема декадно-шагового искателя показана на рис. 2.2,б. Системы с механической коммутацией – с шаговыми искателями, многократными координатными соединителями, квазиэлектронные АТС подробно рассмотрены, например, в учебнике [3].

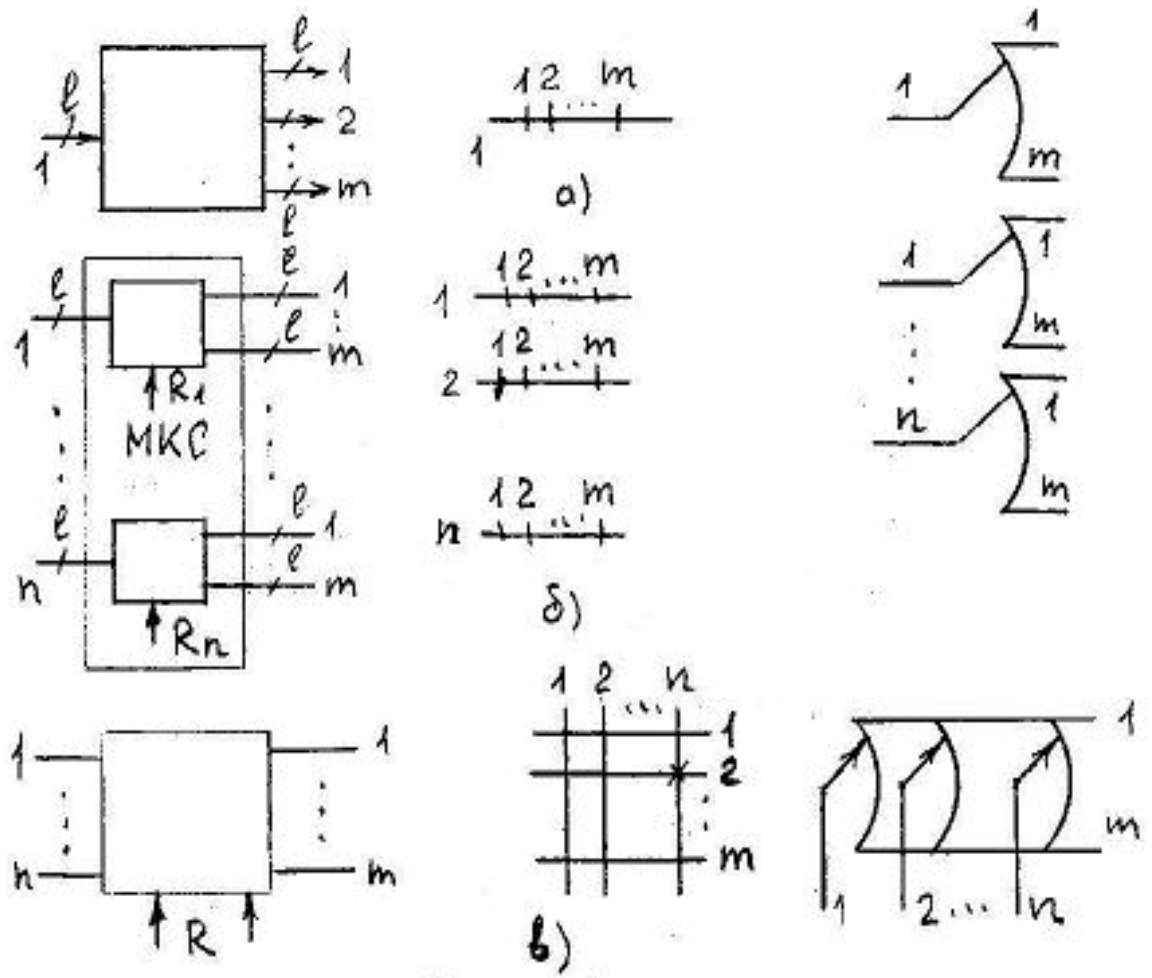


Рис.2.1.

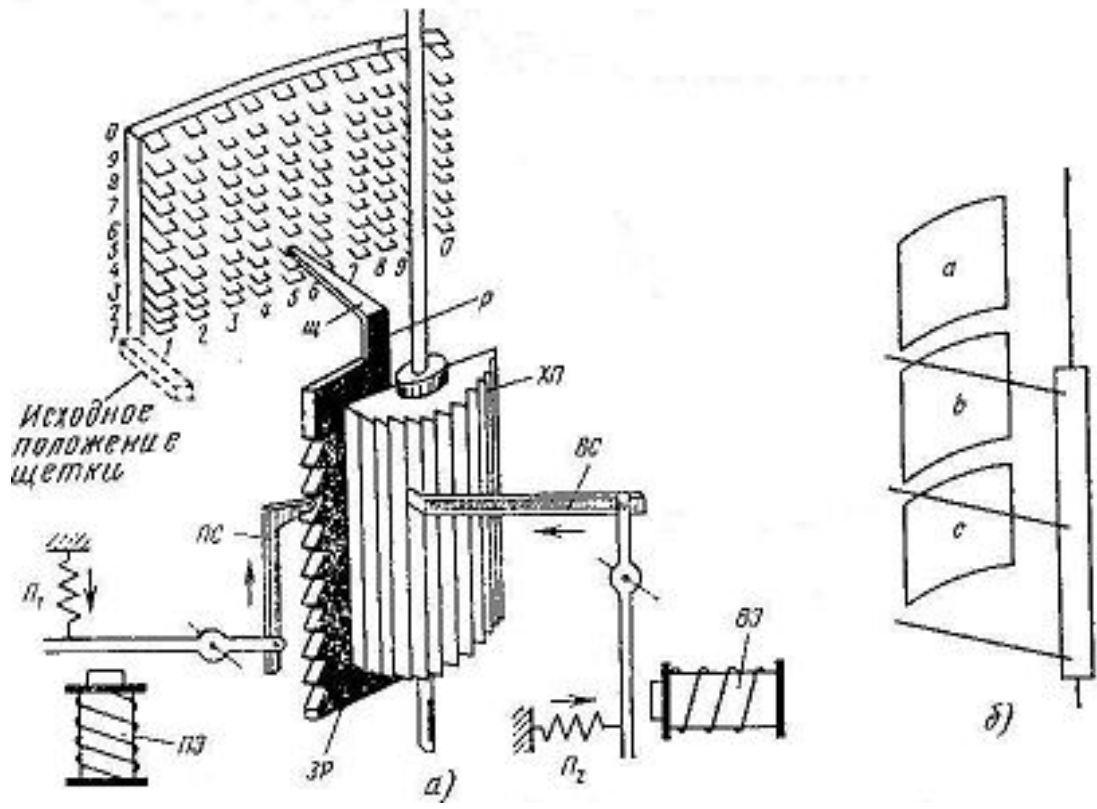


Рис.2.2

### 2.3. Многократные координатные соединители (МКС)

Многократные координатные соединители – это основа координатных АТС МКС – это коммутационный прибор релейного типа, имеющий  $n$  (10 и более) входов и  $m \times n$  выходов ( $m = 10, 20$  и более), в котором каждый вход может быть подключен к любому из  $n$  только ему доступных выходов.

МКС состоит из контактных полей и механического привода с электромагнитами [3], который управляет подсоединением контактов.

Коммутационное поле МКС состоит из контактных проводов – струн, подсоединенных к входам и расположенных около этих струн контактов, связанных с выходами. Контакт соединяется со струной только при нажатии специального толкателя, который приводится в движение механическим приводом.

Механический привод состоит из вертикальных удерживающих реле, приводимых в движение удерживающим электромагнитом (ЭУ), и горизонтальных выбирающих реле, приводимых в движение выбирающими электромагнитами.

Контакт конкретного выхода  $ij$  соединяется со струной  $i$  если одновременно срабатывает выбирающий электромагнит  $i$ , притягивающий свою выбирающую рейку (она горизонтальная) и удерживающий электромагнит  $i$ , притягивающий свою удерживающую рейку вертикали  $i$ .

Основным конструктивным узлом МКС является вертикаль. Эскиз вертикали МКС на 10 выходов показан на рис. 2.3,а. На вертикали имеется  $l$  струн  $l$  – проводного входа,  $m$  групп контактных пружин – выходов соединителя, удерживающая рейка и удерживающий электромагнит. Наиболее распространенными являются двухпозиционные координатные соединители МКС  $20 \times 10 \times 6$  и МКС  $10 \times 10 \times 12$ . Цифры в обозначении  $n \times m \times l$ :  $n$  – число вертикалей,  $m$  – число выходов вертикали (емкость поля),  $l$  – число коммутируемых проводов (число струн).

К МКС подсоединяются коммутируемые линии (к контактным полям вертикали) и провода управления (к контактным группам электромагнитов). Коммутация осуществляется путем подачи управляющих токов в обмотки соответствующих электромагнитов. Общая компоновка МКС  $20 \times 10 \times 6$  показана на рис. 2.6.

На рис. 2.7 показан простой пример использования МКС  $10 \times 10 \times 12$ . Пять входов прибора соединены параллельно к одному входу. Таким образом, этот вход может быть подсоединен к любому из 50 выходов. Это устройство равнозначно по коммутационным параметрам шаговому искателю ШИ-50.

Кроме двухпозиционных используются трехпозиционные МКС, например МКС  $20 \times 10 \times 3$ . Их отличие от двухпозиционных:

1. Выходы каждой вертикали разделены на две группы.
2. Установлена шестая горизонтальная рейка, управляемая двумя переключающимися магнитами ПЭ<sub>1</sub> и ПЭ<sub>2</sub>.
3. Входы вертикали подсоединяются не непосредственно к струнам, а к контактным пружинам. При срабатывании переключающих магнитов они подключаются к одной из двух струн.

На рис. 2.5,б показана схема контактного поля вертикали трехпозиционных МКС. Соединение устанавливается после срабатывания трех электромагнитов:

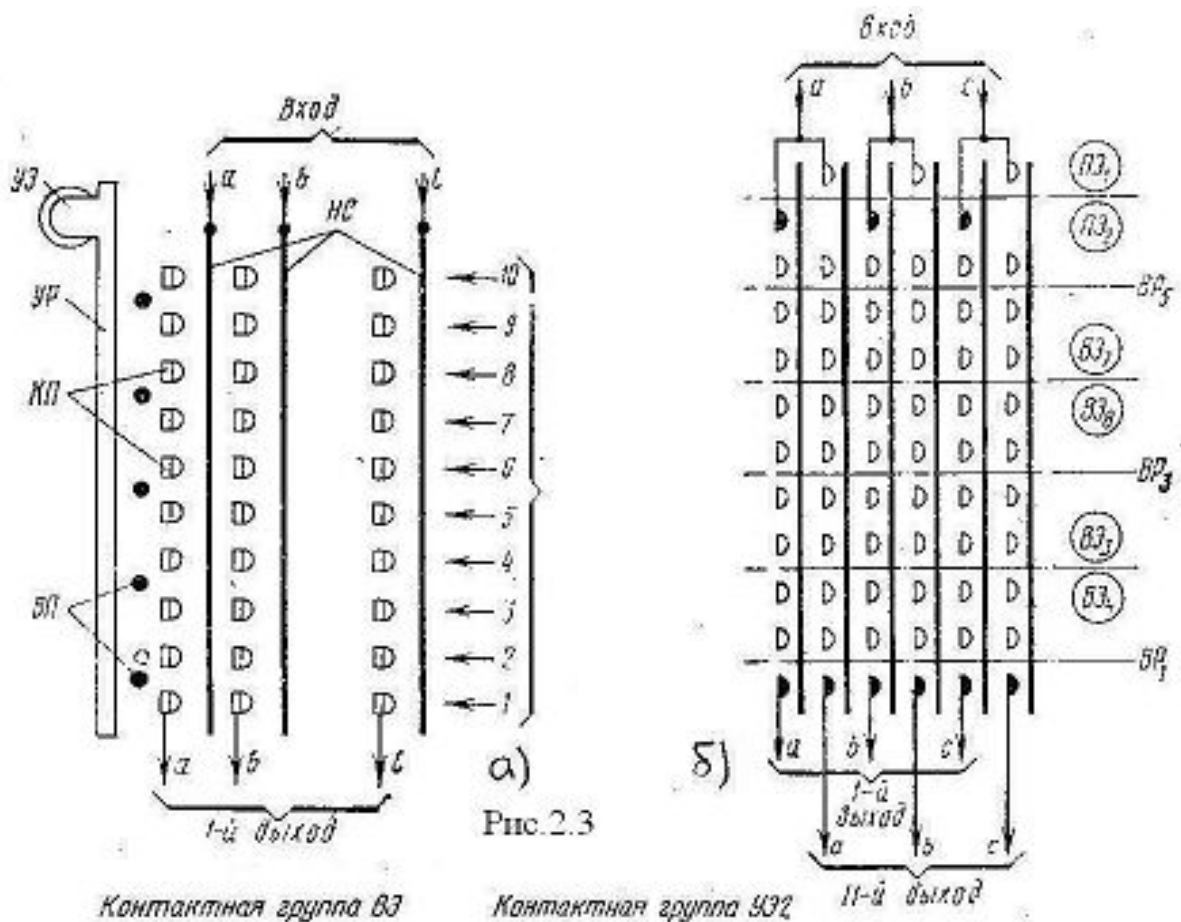


Рис. 2.3

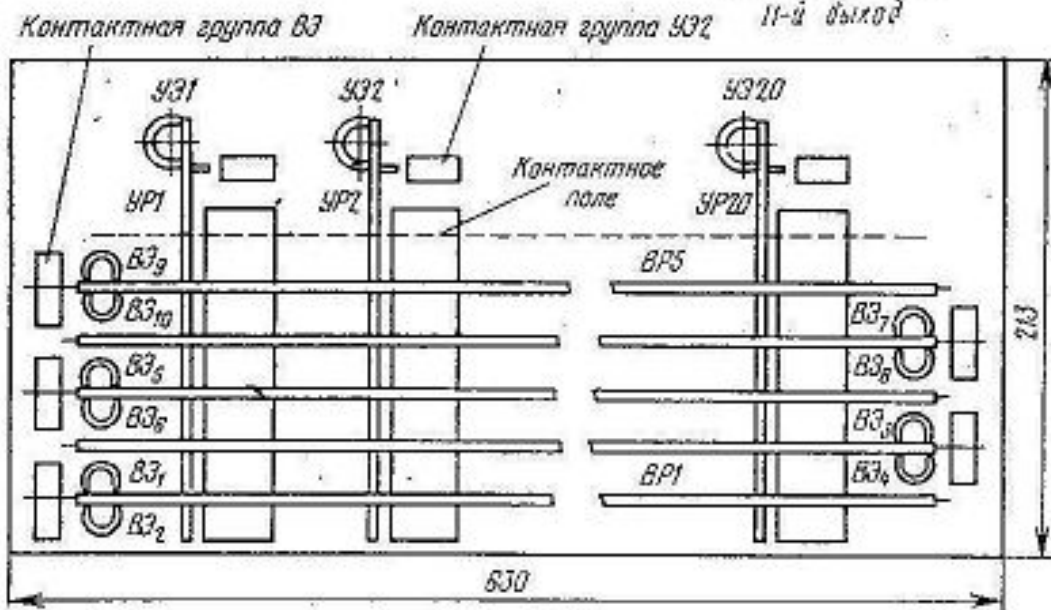


Рис. 2.4

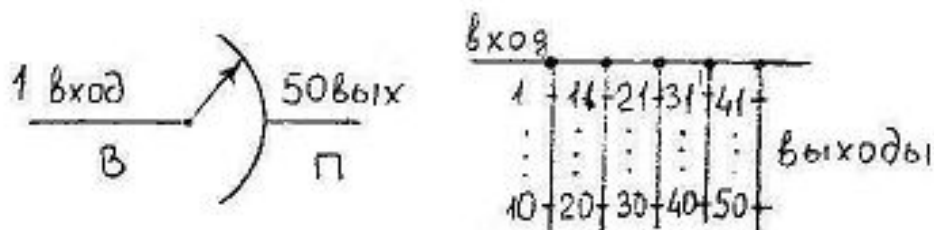


Рис. 2.5

выбирающего, переключающего и удерживающего. Типы трехпозиционных МКС: МКС 10×20×6, МКС 20×20×3.

Время установления одного соединения в МКС в среднем составляет около 50 мс, срок службы точки  $3 \cdot 10^6$ .

#### 2.4. Соединители квазиэлектронных АТС

Квазиэлектронные АТС имеют электронное управляющее устройство и коммутатор с механическими контактами, выполненный на реле с герметизированными контактами – герконами. Герконом называется устройство в виде двух плоских металлических пружин из материала с высокой магнитной проницаемостью, размещенных в стеклянном баллоне, заполненном инертным газом. Геркон, размещенный внутри катушки (обмотки реле), называется герконовым реле. При подаче тока в обмотку реле контакты под действием магнитного поля замыкаются, а при отключении тока – размыкаются.

Соединители квазиэлектронных АТС выполняются в виде коммутационной матрицы рис. 2.1, в, в узлах которой включены контакты герконовых реле. При замыкании одного из контактов соединяются линии, проходящие через узел (например, n и 2 на рис. 2.1,в), в котором подключен контакт. На рис. 2.6 приведены фрагменты схемы двухпроводного соединителя с двух обмоточными герконовыми реле.

Схема состоит из двух частей – сигнальной рис. 2.6,а и схемы управления рис. 2.6,б. На сигнальной части показано подключение контактов герконов к сигнальным проводам. В каждом узле 2 геркона. Если герконы одного узла замкнуты, провода, проходящие через узел, соединены. Если герконы разомкнуты, соединения нет.

На схеме управления показано подключение обмоток герконовых реле. Для замыкания герконов необходимо подать управляющие токи на обмотки реле, поэтому в схеме управления используются источники постоянного напряжения (на схеме +, -) и управляющие импульсы. Управляющие импульсы подаются на клеммы управления - выбора входов по вертикали и горизонтали. Имеются две группы клемм. К клеммам вертикальных рядов подключается по одному проводу обмоток всех реле, расположенных в этом вертикальном ряду. К каждой клемме горизонтального ряда подсоединены вторые провода обмоток всех реле, расположенных в горизонтальном соответствующем ряду. Управление осуществляется одновременной подачей отрицательных импульсов на клеммы вертикальных рядов и положительных импульсов на клеммы горизонтальных рядов. Пусть импульсы поданы на клеммы 1 входа и 4 выхода, реле ГР-14 сработает, его контакты соединят сигнальные провода 1 входа и 4 выхода. Одновременно замыкается контакт ГР-14, показанный на схеме управления, и подсоединит вторую обмотку реле к источнику питания удерживающего напряжения. Контакты реле будут замкнуты и после окончания управляющих импульсов. При отбое срабатывает реле 0, контакты, которого отключают удерживающее напряжение. Диоды VD, в схеме нужны для развязки цепей питания.

Таким образом, в рассмотренной схеме реализован координатный принцип коммутации и координатный принцип управления.

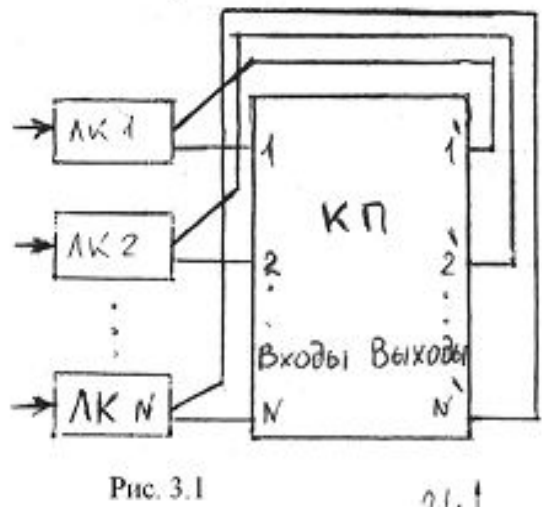


Рис. 3.1

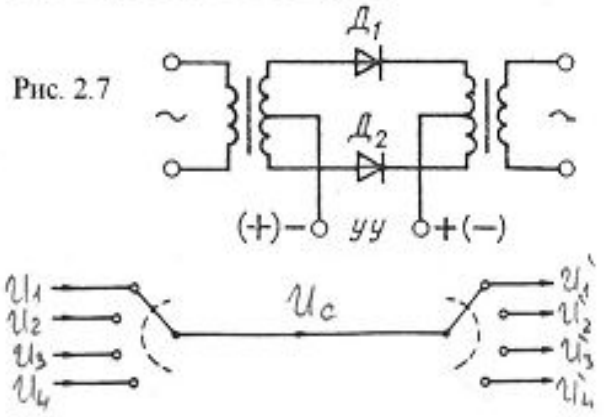


Рис. 2.7

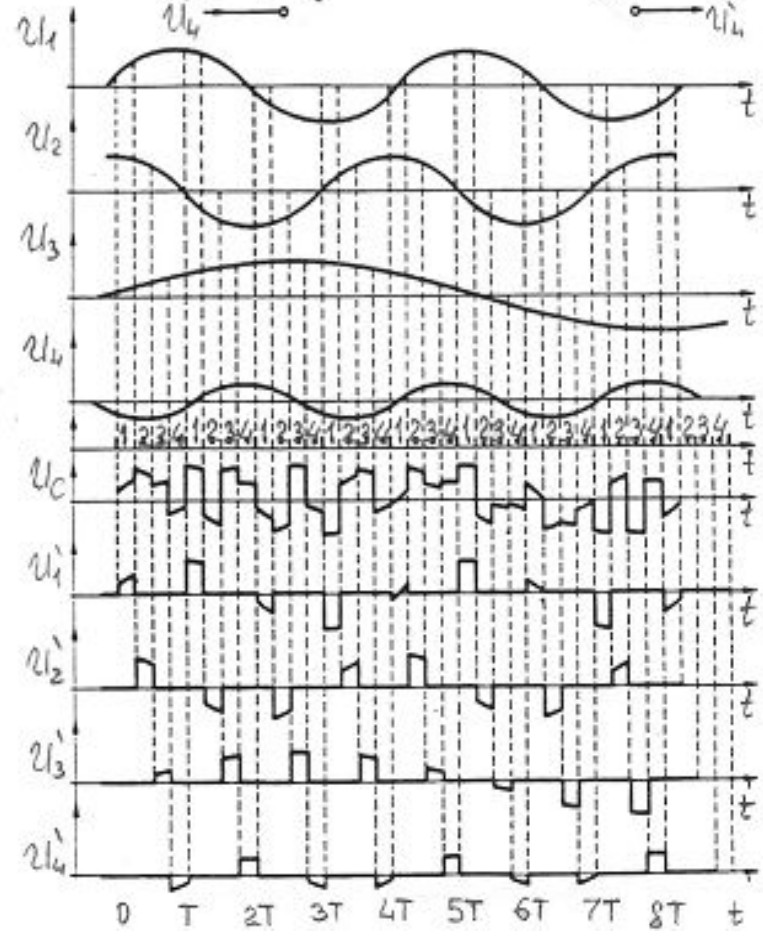


Рис. 3.2

### *Контрольные вопросы к разделу 2*

1. Отличие квазиэлектронной и электронной АТС.
2. Перечислите составные части шагового искателя.
3. Какой коммутационный прибор называется многократным соединителем?
4. Какая рейка называется удерживающей горизонтальная или вертикальная?
5. Как устроен геркон?

## **Раздел 3. Коммутационные системы электронных АТС**

### **3.1. Особенность коммутаторов электронных АТС**

В абонентских линиях систем телефонной связи используются симметричные двухпроводные линии (ни один из проводов этих линий не подключается к земле). Сигналы по таким линиям передаются в обоих направлениях. Контакты механических коммутационных приборов включаются в каждый из проводов линий (см., например, рис. 2.6), поэтому в механических и квазиэлектронных АТС весь тракт, в том числе коммутатор выполняется на симметричных линиях.

Большинство коммутационных приборов электронных АТС (электронные ключи, оптроны, интегральные микросхемы) могут передавать сигнал только в одном направлении, поэтому в абонентских комплектах электронных АТС сигналы симметричных линий разделяют по направлениям и подключают к коммутатору по двум несимметричным линиям (один из проводов несимметричной линии соединен с землей). Коммутатор имеет входы, на которые подают сигналы от абонентов. И выходы, с которых сигналы уходят на абонентские терминалы. Таким образом, каждый абонентский комплект и каждая соединительная линия другого коммутатора подключается к коммутатору парой несимметричных линий. Структурная схема такого подключения показана на рис. 3.1. Если, например, от абонента 1 поступил запрос на телефонное соединение с абонентом N, то коммутатор должен осуществить два соединения: входа 1 с выходом N и входа N с выходом 1. В системах связи иногда требуется одностороннее соединение. В таких случаях по запросу устанавливается только одно соединение. Свободный канал может использоваться в других трактах.

По способу представления передаваемого сигнала различают аналоговые и цифровые коммутационные системы.

### **3.2. Коммутационные системы аналоговых электронных АТС**

Такие системы могут быть построены по принципу пространственной коммутации и по принципу импульсно-временной коммутации.

Системы с пространственной коммутацией обычно строятся по схеме коммутационной матрицы, в узлах которой подключены управляемые электронные контакты. Схема такого соединителя может быть аналогична рассмотренной схеме с герконами рис. 2.6. Электронные соединители отличаются более высоким быстродействием, чем системы с механическими контактами, но имеют повышенное затухание сигнала, вызванное конечным сопротивлением электронных контактов. Чем больше контактов проходит сигнал, тем больше затухание в разговорном тракте, поэтому аналоговые электронные АТС с пространственной коммутацией находят применение лишь для построения станций малой емкости. Схема управ-

ляемого электронного контакта на полупроводниковых диодах показана на рис. 2.7. Диоды Д1 и Д2 включены последовательно в провода телефонной линии. Если к диодам подключить прямое управляющее напряжение (полярность показана в скобках на рис. 2.7) диоды открыты и имеют малое дифференциальное сопротивление, поэтому сигнал пройдет через схему. При подключении отрицательного управляющего напряжения диоды закрыты, имеют высокое управляющее напряжение и сигнал не проходит через схему. Трансформаторы используются для развязки цепей питания и сигнала.

В системах с импульсно-временной коммутацией используется дискретизация передаваемых сигналов. Вместо передачи всего сигнала передаются отсчеты через небольшие промежутки времени. В телефонных системах частоту дискретизации выбирают равной  $f_d = 8$  кГц, интервал дискретизации  $T = 1/8 \cdot 10^3 \text{ Гц} = 125 \text{ мкс}$ . Напряжение импульсов равно напряжению сигнала в момент отсчета. Известно, если такие импульсы усилить и пропустить через экстраполятор – фильтр нижних частот, получим сигнал, близкий к исходному.

Дискретизация сигнала – преобразование в последовательность коротких импульсов позволяет более рационально использовать тракт передачи – в период между отсчетами можно передавать отсчеты других сигналов. Таким образом, по одному тракту (по паре проводов) можно передавать информацию сразу нескольких телефонных каналов. На рис. 3.2 показаны эквивалентная схема системы передачи четырех каналов по одной линии, осциллограммы входных сигналов  $U_i$ , осциллограммы отсчетов канальных сигналов  $U_i$  с периодом  $T$  и сигнал в общей линии  $U_c$  – групповой сигнал в такой системе передачи. Период дискретизации сигнала,  $T = 125$  мкс на этом рисунке разделен на 4 канала с канальным интервалом  $T_k = 125/4 = 31,25$  мкс. При формировании группового сигнала каждый канал – временной интервал закрепляется за конкретным входом системы, амплитуда отсчета равна напряжению сигнала в канале в момент отсчета, поэтому такие системы называются системами с временным разделением каналов ВРК и амплитудно-импульсной модуляцией АИМ. Если переключатели на эквивалентной схеме работают одинаково, то на первый выход попадают отсчеты сигнала первого входа, на второй выход – второго входа и т.д. При изменении порядка переключения осуществляется коммутация сигналов.

Структурная схема коммутатора с импульсно-временной коммутацией показана на рис. 3.3. Он имеет  $N$  входных и  $N$  выходных каналов. Входные сигналы подаются на электронные ключи (ЭК) – дискретизаторы. Дискретизацией входных сигналов и формированием группового сигнала управляет генератор импульсов (ГИ). Осциллограммы сигналов на его выходах показаны на структурной схеме у входов ЭК рис. 3.3. Это импульсы с длительностью, равной длительности канального интервала. Они смещены на  $(i - 1) \times T_k$  относительно синхронизирующего импульса. Эти сигналы подаются на дискретизаторы. Таким образом, из сигнала каждого входа выбирается отсчет именно во время подачи импульса на его дискретизатор. Отсчеты всех сигналов через сумматор попадают в общестанционную линию. Причем отсчету сигнала каждого входа в этой линии отводится свой канальный интервал (путем подачи дискретизирующего импульса на электронный



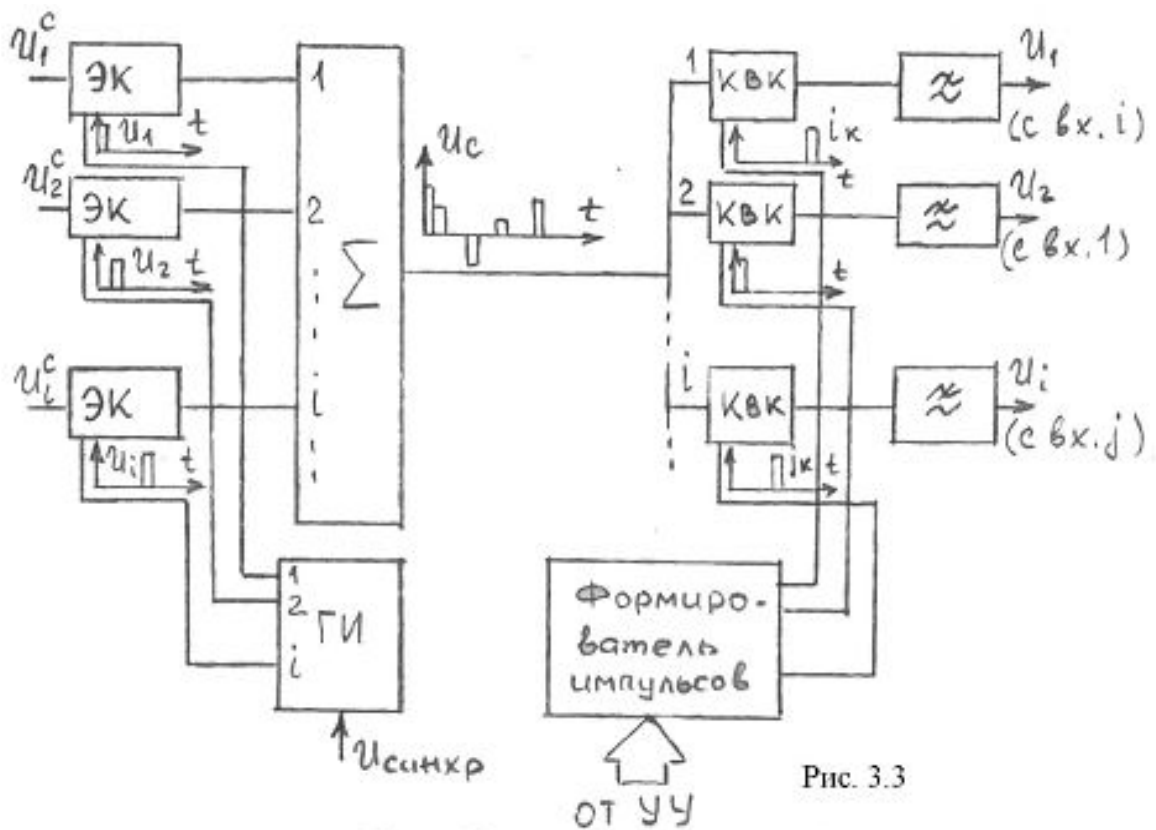


Рис. 3.3

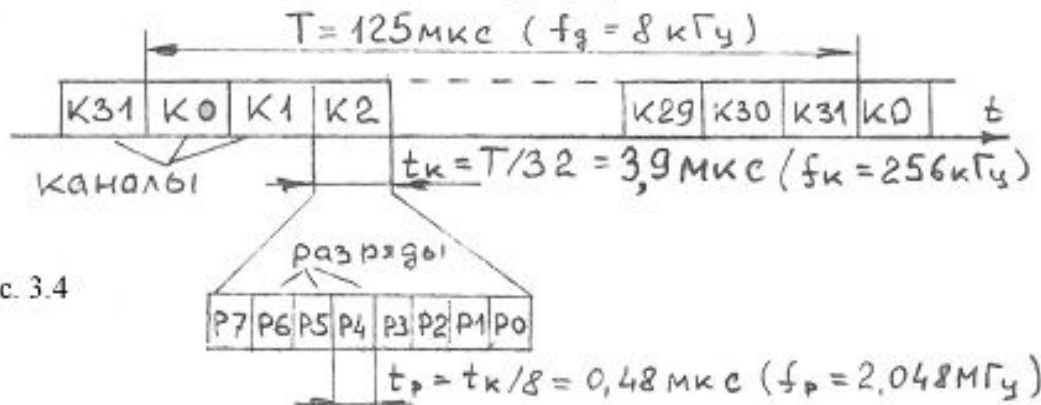


Рис. 3.4

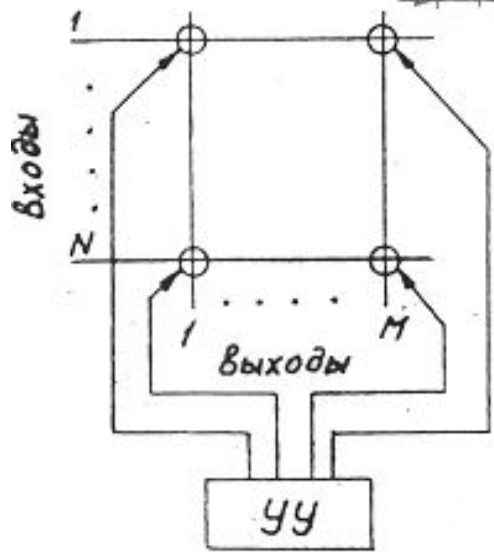


Рис.3.5

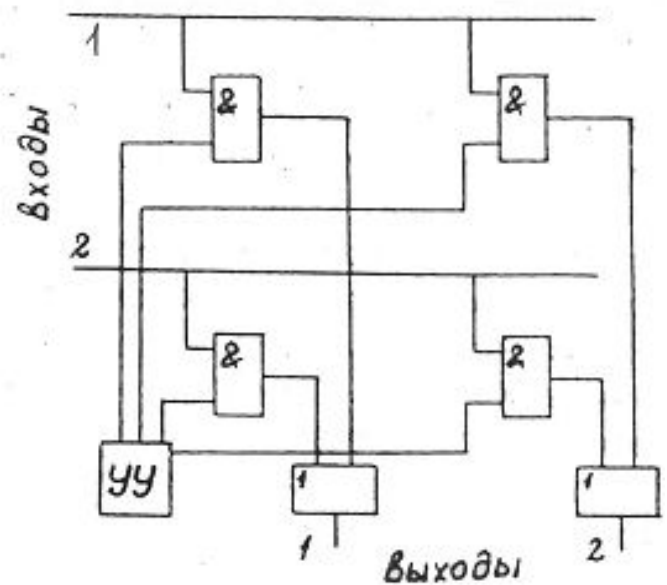


Рис.3.6

ключ этого входа в нужный момент времени). Поэтому в групповом сигнале в первом канальном интервале будет отсчет сигнала с первого входа. Во втором канальном интервале будет отсчет сигнала со второго входа и т.д.

Коммутацией сигналов конкретных входов на конкретные выходы управляет управляющее устройство. Оно выдает формирователю импульсов информацию о времени задержки импульсов, открывающих ключи выходных каналов (КВК), в соответствии с таблицей коммутации. Например, на электронный ключ выхода 1 подается импульс  $i$ -го канального интервала, поэтому на выход 1 пройдет отсчет сигнала  $i$ -го входа. На электронный ключ 2-го выхода подается импульс 1-го канального интервала, поэтому на 2-й выход пройдет отсчет сигнала 1-го входа и т.д. ФНЧ служит для преобразования последовательности отсчетов в передаваемый сигнал (процесс обратный дискретизации). При дискретизации уменьшается мощность передаваемого сигнала, поэтому в такт должен быть включен усилитель, который доводит амплитуду сигнала до требуемой величины.

В АТС таблица коммутации формируется устройством управления (УУ) в соответствии с вызывной информацией. При изменении таблицы коммутации изменяется последовательность выдачи импульсов на выходах формирователя импульсов. Таким образом, рассмотренная схема позволяет осуществить коммутацию  $N$  входных сигналов на  $N$  выходных каналов. При  $N = 16$  на одном таком коммутаторе можно сделать АТС на 16 номеров, обеспечивающую 8 разговоров одновременно, конференц - связь и т.д.

### 3.3. Коммутационные системы цифровых АТС

В цифровых АТС используют представление отсчетов сигналов в цифровой форме. Как правило, такие сигналы передаются через многоканальные системы передачи информации с временным разделением каналов (ВРК) по-английски – time division multiplexing (TDM). К цифровым телефонным коммутаторам подключаются линии ИКМ 30/32 с временным разделением каналов. Структура группового сигнала показана на рис. 3.4. Сигналы в этой системе имеют период дискретизации 125 мкс. Групповой сигнал разбит на 32 канальных интервала с длительностью около 3,9 мкс. В каждом из канальных интервалов передается восьмиразрядный код отсчета сигнала в последовательном коде (импульсно-кодовая модуляция) – 8 бит информации. Длительность разрядного интервала 0,48 мкс. В нулевом и в шестнадцатом каналах передается служебная информация, остальные каналы используются для передачи информации. В каждом канале передается 8 бит информации с частотой 8 кГц = 1/125 мкс, следовательно скорость передачи информации в канале 8 бит\* 8 кГц= 64 кбит/с. Скорость передачи информации в линии ИКМ 30/32 равна 64 кбит/с\*32 канала= 2048 кбит/с. Линию ИКМ 30/32 называют потоком Е1 или двухмегабитным потоком.

Форма сигнала в разных участках группового тракта может быть различной. В соединительных линиях используют двухполярные сигналы, применяют специальную обработку для уменьшения постоянной составляющей сигналов. В коммутационных системах цифровых АТС информация в разрядах обычно передается в ТТЛ уровнях: если в разряде записана 1, то сигнал имеет положительное значение, если 0, то – нулевое, поэтому далее речь пойдет именно о таких сигналах.

Для стыковки коммутационной системы с соединительными линиями используются специальные устройства, которые пока не рассматриваем.

Коммутационные поля цифровых АТС могут быть построены на основе пространственных, временных и пространственно - временных коммутаторов. В наиболее современных АТС используются пространственно-временные коммутаторы.

### **3.4. Пространственные коммутаторы цифровых АТС**

Выполняются по схеме коммутационной матрицы – соединителя рис. 2.1, в, у которой «точки коммутации» реализуют на логических интегральных схемах рис 3.5. Рассмотрим пример цифрового пространственного коммутатора  $2 \times 2$ , построенного на элементах И и ИЛИ. Его принципиальная схема показана на рис. 3.6. Сигнал, поданный на вход 1, проходит либо на выход 1, если УУ открывает микросхему 11, либо на выход 2, если открыта микросхема 21. Аналогично с сигналами, поданными на вход 2.

Линии коммутаторов цифровых АТС - линии с временным разделением каналов (ИКМ 30/32). При коммутации в цифровых пространственных коммутаторах переключение осуществляется на время одного канального интервала, поэтому сигнал одного канала входящей линии переходит в канал с тем же номером конкретной исходящей линии. Другими словами, пространственный коммутатор осуществляет передачу сигнала из одной линии в другую, но не может изменить временное расположение сигнала, коммутация осуществляется в одном канальном интервале.

Пространственные коммутаторы АТС с механическими коммутационными приборами и цифровых АТС имеют одинаковую структурную схему – рис. 2.1,в. Однако, к входам коммутаторов механических АТС подключаются непосредственно телефонные (одноканальные) линии, а к коммутаторам цифровых АТС – многоканальные (ИКМ) линии. В механических коммутаторах соединение устанавливается на все время разговора, а в цифровых – на время канального интервала и повторяется через период дискретизации вплоть до окончания разговора.

### **3.5. Временные коммутаторы цифровых АТС**

#### **3.5.1. Временная коммутация в цифровых АТС**

Временные коммутаторы позволяют изменять временные позиции сигналов, передаваемых от конкретных источников информации в цифровой линии. Другими словами, они позволяют осуществить сдвиг (перенос) информации, передаваемой в конкретной временной позиции входящей линии, в другую временную позицию исходящей линии. Поскольку речь идет об одной линии передачи и изменении времени положения сигнала в последовательном коде, коммутатор должен:

1. Запомнить сигнал, пришедший в конкретной временной позиции.
2. Задержать его на нужное число канальных интервалов до начала нужного канального интервала.
3. Выдать его в линию в заданный момент времени.

По способу построения схемы различают: временные коммутаторы с параллельной записью в память и коммутаторы с последовательной записью в память.

### 3.5.2. Временной коммутатор с параллельной записью в память

Такие коммутаторы используют запоминающие устройства (ЗУ). Запоминающие устройства состоят из ячеек памяти, в которых можно хранить двоичные числа. Ячейки характеризуются объемом информации, которую в них можно записать. Пусть, например, емкость ячейки – 1 Байт = 8 Бит. В такой ячейке можно хранить любое восьмиразрядное двоичное число. Практически используются ЗУ или блоки памяти с достаточно большим числом ячеек. Поэтому каждой ячейке присваивается адрес. Для записи и считывания информации у памяти имеются шины данных. Количество проводов в шине данных равно числу разрядов максимального числа, которое можно в ней хранить. У ячейки памяти с объемом 1 Байт 8 разрядов, шина данных имеет 8 проводов, максимальное число 255.

Как правило, одновременно можно записать (или считать) информацию только в одну ячейку памяти, поэтому у блока памяти имеются одна шина адреса и две шины данных (записи и чтения). Если на шине адреса задать код адреса конкретной ячейки, на шину данных записи установить код числа, и подать сигнал записи, то это число запишется в ячейку с заданным адресом.

Число проводов в шине адреса равно числу разрядов самого большого номера ячейки памяти, записанного в двоичном коде. Если в блоке памяти 4 ячейки (00, 01, 10, 11 – возможные адреса), число проводов шины адреса 2. Если в блоке памяти 32 ячейки, то в шине адреса 5 проводов, если 256 ячеек, – 8 проводов. Вход микросхемы для подачи сигнала записи или чтения обозначается  $WR/RD$ .

Структурная схема временного коммутатора показана на рис. 3.7. К его входу подключена соединительная линия ИКМ 30/32 с 32-х канальным сигналом. Все канальные сигналы передаются в ней в последовательном коде. Преобразователь кода (ПК) преобразует все канальные сигналы в параллельный код. Сигналы с его выхода записываются в информационную память (ИП) размером 32 ячейки по 8 бит. Запись производится через 8-ми разрядную шину записи во время второй половины каждого канального интервала. Адрес ячейки при записи выбирается равным номеру канала. Это достигается подачей на шину адреса записи кода 5-ти разрядного счетчика. Считывание данных производится через шину чтения из памяти во время первой половины канального интервала. Данные, считанные в параллельном коде, преобразуются в последовательный код в ПК и выдаются в исходящую цифровую линию (ИЦЛ). Адрес ячейки, из которой считываются данные во время конкретного канального интервала, задается устройством управления коммутатором. При установлении соединения адрес ячейки записывается в специальную адресную память (АП). Шина чтения из адресной памяти подключается к шине адреса информационной памяти во время чтения. Шины адреса записи и адреса чтения подключаются к шине адреса ИП через шинный коммутатор, который управляется сигналом чтение/запись.

Шина адреса чтения информационной памяти подключается к шине чтения микросхемы адресной памяти (АП). В  $i$ -ю ячейку адресной памяти в процессе установления соединения записывается адрес ячейки информационной памяти, из которой нужно читать информацию для передачи в  $i$ -м канальном интервале ИЦЛ.

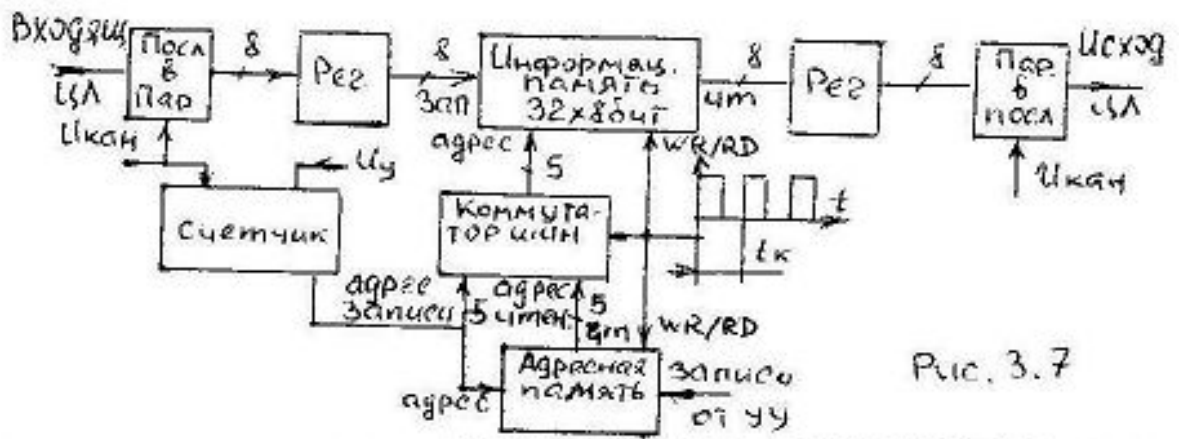


Рис. 3.7

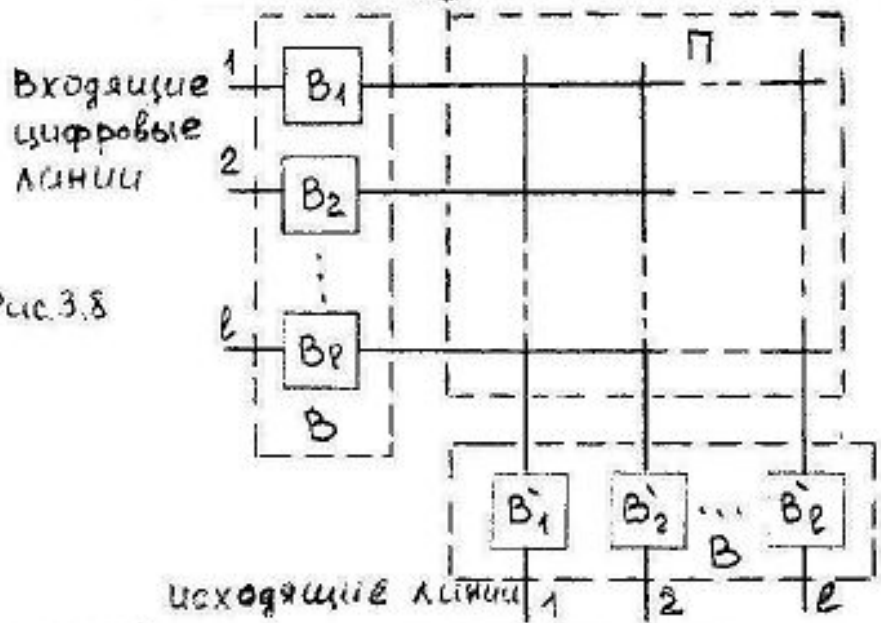


Рис. 3.8

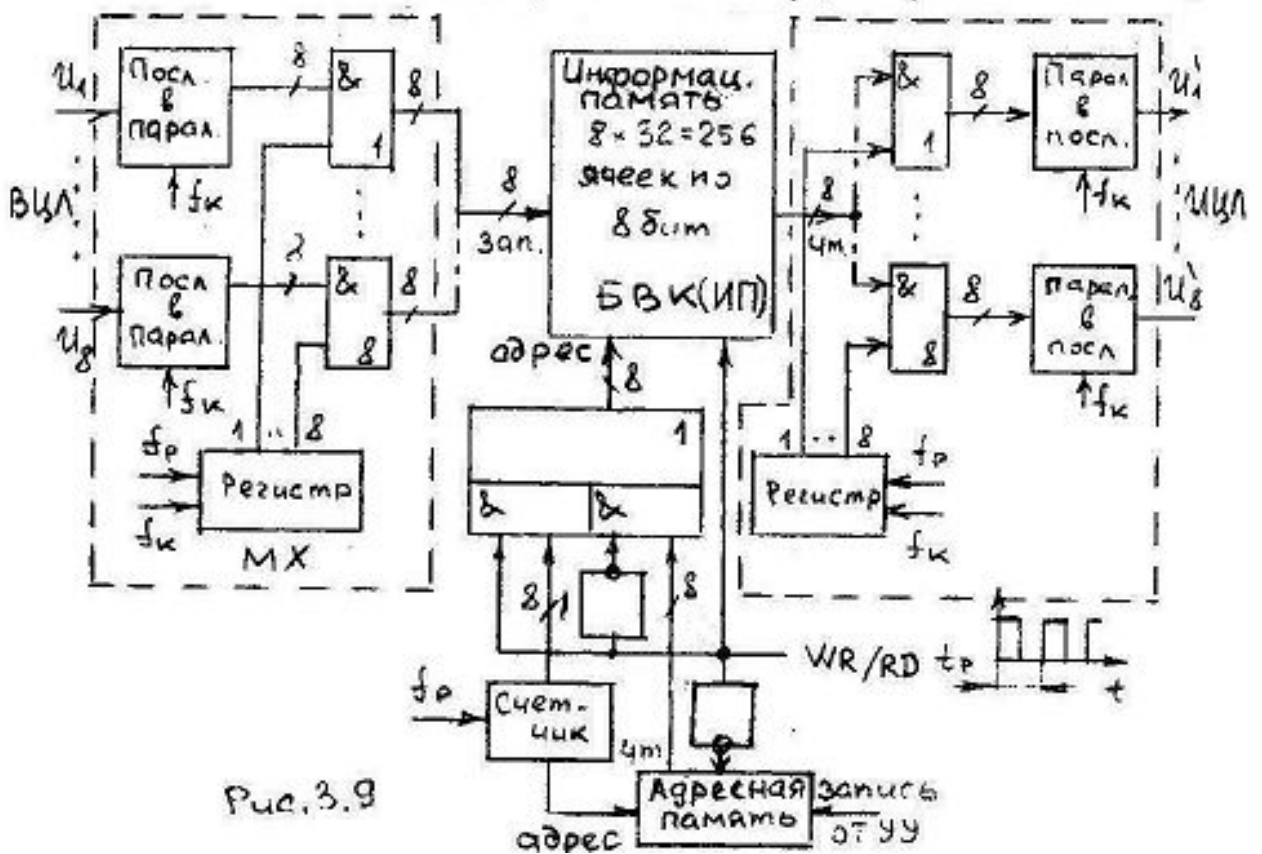


Рис. 3.9

Рассмотрим пример. Пусть число, передаваемое в первом канальном интервале ВЦЛ, должно после коммутации оказаться в 10 канальном интервале ИЦЛ. В коммутаторе рис. 3.7 числа, передаваемые в первом канальном интервале, записываются в ячейку памяти с адресом 1. При установлении соединения устройство управления станцией записывает число 1 в 10 ячейку адресной памяти. Поэтому число 1 (номер канала ВЦЛ, в двоичном коде 00001) должно появляться на шине адреса памяти во время чтения из памяти в десятом канальном интервале. В этом случае данные из первого канального интервала ВЦЛ будут переписываться в 10 канал ИЦЛ.

Второй пример. Коды, передаваемые в 11 канальном интервале ВЦЛ, должны быть переданы в 5 канальный интервал ИЦЛ. В коммутаторе рис. 3.7 числа, передаваемые в 11 канальном интервале, записываются в ячейку информационной памяти с адресом 11. При установлении соединения устройство управления станцией записывает число 11 в 5 ячейку адресной памяти. Поэтому число 11 появляется на шине адреса памяти во время чтения из памяти в 5 канальном интервале. В этом случае данные из 11 канала ВЦЛ появятся на шине адреса памяти во время чтения из памяти в 5 канальном интервале.

(Замечание. В этих примерах при формировании номера интервала не учтены задержки в устройствах преобразования последовательного кода в параллельный и наоборот, которые обязательно бывают в реальных схемах, а также возможная потеря такта при чтении и при записи в память. Для упрощения мы считали, что эти операции выполняются мгновенно).

В такой системе в рабочем режиме работа управляющего устройства заключается в записи в ячейку адресной памяти адреса ячейки информационной памяти, из которой нужно считывать информацию во время конкретного канального интервала ИЦЛ.

### **3.6. Цифровые пространственно-временные коммутационные системы из пространственных и временных коммутаторов**

В цифровых коммутационных системах все входящие и исходящие линии – цифровые линии ИКМ. Блоки пространственной коммутации (блоки типа П) позволяют коммутировать сигналы из одной линии в другую только в пределах одного канального интервала, а коммутационные блоки временной коммутации (типа В) осуществляют передачу информации из одного канального интервала в другой, но не могут переносить сигнал в другую линию. Пространственно-временной коммутатор переставляет сигнал, пришедший в групповом сигнале по одной входящей линии, в любой канал группового сигнала исходящей линии с заданным номером.

В многозвенных коммутационных системах, состоящих из П и В коммутаторов, можно осуществлять любую коммутацию. Поэтому в системах с большим числом входящих и исходящих линий применяют именно многозвенные коммутаторы.

Структурная схема коммутатора ВПВ приведена на рис. 3.8. Название коммутатора описывает его структуру: первое звено - состоит из временных коммутаторов, второе – из пространственных, а третье из временных. Практически используются и другие структуры коммутаторов ВП, ВВ, ВПВ, ВППВ, ВПППВ и

др. Наибольшее распространение получили структуры, у которых первое и последнее звенья – временные коммутаторы. В таких коммутаторах можно осуществить, как минимум, 2 изменения временной позиции за время прохождения сигналом коммутатора. Это позволяет максимально использовать свободные временные позиции звеньев П. Современные временные коммутаторы выполняются в виде БИС и имеют малый объем. Увеличение их числа незначительно увеличивает объем системы.

Процесс коммутации в пространственно-временном коммутаторе аналогичен процессу приема, формирования и отправки поездов на узловой станции, соединяющей несколько направлений. Каждый вагон приходит со своего направления (в составе с другими), но уйти должен в другом составе в конкретном направлении. Суть сортировки – вынуть его из состава и вставить его в другой состав.

### **3.7. Цифровой пространственно-временной коммутатор с запоминающим устройством**

Цифровые пространственно-временные коммутаторы, состоящие из пространственных и временных коммутаторов, применяются в достаточно старых системах автоматической коммутации. Современные системы строятся на основе пространственно-временных коммутаторов. Рассмотрим один из таких коммутаторов с 8 входящими цифровыми линиями (ВЦЛ) и 8 исходящими цифровыми линиями (ИЦЛ) линиями, каждая из которых – цифровая линия ИКМ 30/32.

Структурная схема ИКМ пространственно-временного коммутатора показана на рис. 3.9. Коммутатор состоит из блока приема информации - мультиплексора каналов (МХ) на 8 входящих ИКМ линий, информационной памяти (ИП), которая представляет собой запоминающее устройство из 256 ячеек x 8 бит, блока распределения информации, считанной из памяти, - демультиплексора ДХ, который разделяет сигналы, считанные из памяти по исходящим цифровым линиям, и устройства управления шиной адреса информационной памяти, включающего адресную память, счетчик и шинный коммутатор.

Напомним, в каждой входящей ИКМ линии с циклом 125 микросекунд последовательно передаются коды сигналов 32 каналов. Длительность каждого канального интервала 3,9 мкс, в каждом канале в последовательном коде передается 8 разрядов информации.

Мультиплексор МХ осуществляет преобразование канальных сигналов всех 8 линий, приходящих в последовательном коде, в параллельный код и выдачу их в одну восьмиразрядную шину последовательно. Таким образом, в интервал времени каждого канала на восьмиразрядную шину данных записи в информационную память последовательно выдаются в параллельном коде сигналы каналов с одинаковым номером из всех ВЦЛ, начиная с первой линии по восьмую. Всего линий 8, поэтому сигнал каждого канала занимает шину  $T_k/8 = t_p = 0,48 \text{ мкс}$ . Последовательность записи сигналов такова: первым на шину записи данных в память попадает сигнал 1 канала первой линии, за ним - сигнал 1 канала 2 линии, далее - сигнал 1 канала 3 линии, и т. д. Восьмым записывается сигнал 1 канала 8 линии. Все эти 8 сигналов в параллельном коде передаются по шине за время первого канального интервала в линиях, поэтому каждый сигнал занимает шину в течение

одной восьмой канального интервала. Этот временной интервал называется *тайм-слотом*. Его длительность равна времени передачи одного разряда сигнала во входящей линии - 0.48 мкс. Другими словами тактовая частота шины данных такая же, как у входящих линий.

Сигнал с шины данных записи записывается в информационную память. Для этого на вход WR/RD памяти подаются импульсы сигнала запись-чтение с длительностью, равной половине длительности передачи разряда данных в линии – 0,24 мкс. Запись данных в информационную память производится во второй половине  $t_p$ . В первой половине  $t_p$  происходит считывание данных из ИП в шину данных чтения. Данные считываются со скоростью записи. Импульсы запись-чтение подаются не только на микросхему информационной памяти (ИП), но и на шинный коммутатор, который подключает к шине адреса памяти шину адреса записи или шину адреса чтения.

Шина данных чтения из информационной памяти подключена к демультимплексу DX. Демультимплексор распределяет данные шины чтения по шинам выходных каналов и подает их на преобразователи из параллельного кода в последовательный. Таким образом, получаются групповые сигналы ИЦЛ. Какие именно сигналы подают в каждый конкретный канал и в какой последовательности, зависит от последовательности выбора адресов при записи в ИП и считывании их из ИП. Этот порядок определяется устройством управления, последовательностью подачи адресов на шину адреса чтения из ИП.

Адрес записи формируется восьмиразрядным счетчиком на вход которого поступают импульсы  $f_p$ . Таким образом, данные с шины записи данных записываются в ячейки памяти по порядку (номер ячейки записи всегда на 1 больше, чем при предыдущей записи), причем, номер ячейки памяти равен номеру таймслота записываемого сигнала.

Адрес чтения выбирается в соответствии с таблицей коммутации, т.е. определяется устройством управления и записывается в ячейку адресной памяти при установлении соединения. Значит рассматриваемое устройство является коммутатором с коммутацией по выходу.

Шина адреса чтения информационной памяти подключается к шине чтения микросхемы адресной памяти (АП). Число ячеек АП и ИП одинаковое. Оно равно числу таймслотов в шинах записи и чтения ИП. Адрес АП изменяется синхронно с адресом записи в ИП и всегда равен номеру таймслота в шинах записи и чтения ИП. В процессе установления соединения управляющее устройство записывает в  $i$ -ю ячейку адресной памяти номер ячейки ИП, например  $j$ , из которой нужно передать информацию в  $i$ -й таймслот шины чтения из ИП. После установления соединения код из  $j$ -го таймслота шины записи в ИП будет передаваться в  $i$ -й таймслот шины чтения из ИП в каждом цикле сигнала вплоть до разрыва соединения.

Таким образом, можно данные с любого канала любой входящей линии отправить в любой канал любой исходящей линии, т.е. осуществить пространственно-временную коммутацию.

Вспомним: число входящих линий – 8,  
число каналов в линии – 30,



общее число каналов входящих линий  $8 \times 30 = 240$ .

Коммутатор обеспечивает возможность коммутации любого канала входящей линии на любой канал исходящей линии (полнодоступный). Он заменяет коммутационную матрицу с  $240 \times 240 = 57600$  точками коммутации.

*Контрольные вопросы к разделу 3*

1. Назовите варианты коммутаторов аналоговых электронных АТС.
2. Поясните назначение фильтров нижних частот в схеме импульсно-временного коммутатора аналоговой электронной АТС.
3. Что надо записать в адресную память временного ИКМ коммутатора для переноса информации из 2-го канала в 10.
4. Перечислите параметры линии ИКМ-30: длительность цикла, число разрядов информации, передаваемой в одном канале, скорость передачи информации в одном канале и в линии.
5. В чем отличие аналогового и цифрового пространственных коммутаторов?
6. В чем отличие пространственного и временного ИКМ коммутаторов?
7. Как связаны число ячеек памяти и число проводов в шине адреса?
8. Как определить длительность тайм - слота в мультиплексных шинах пространственно временного коммутатора при известном числе входящих ИКМ линий.
9. Как формируется адрес записи в память цифрового ИКМ коммутатора.
10. Как формируется адрес чтения из памяти цифрового ИКМ коммутатора.
11. Какие импульсы подаются на ключи блока записи и блока чтения пространственно-временного ИКМ коммутатора.

## **Раздел 4. Сведения из теории распределения информации**

### **4.1. Основные понятия и определения**

В реальных системах связи линии связи, коммутационные приборы, обслуживающее оборудование загружены не полностью. К узлу коммутации (телефонной станции) подключается много приборов (телефонных аппаратов), но случаи, когда все абоненты одновременно обмениваются информацией (снимут трубки), чрезвычайно редки. Учет этого факта при проектировании позволяет выбрать размер коммутатора значительно меньший, чем необходимый для соединения всех абонентов, и, как следствие, обеспечивает возможность значительного снижения стоимости оборудования. Такое проектирование выполняется на основе выводов теории распределения информации [1, 3, 10]. Эта наука изучает статистические свойства потоков информации, создаваемых абонентами сетей связи и зависимости качества обслуживания абонентов от параметров потоков информации и параметров сетей, передающих эти потоки. В зарубежной литературе она называется теорией телетрафика. В этой науке используют понятия теории массового обслуживания такие, как обслуживающий аппарат (терминал), заявка на обслуживание (транзакт) и другие, а также такие специфические понятия:

Телефонная нагрузка (обслуженная нагрузка) – мера интенсивности телефонных сообщений. Измеряется общим (суммарным) временем занятия оборудования, за указанный промежуток времени  $Y_{t_1 t_2} = \sum_{i=1}^N r_i$ . Различают поступающую, обслуженную и потерянную нагрузку.

Интенсивность нагрузки (поток нагрузки) – телефонная нагрузка, отнесенная к продолжительности периода. Единица интенсивности нагрузки – Эрланг (Эрл). Один эрланг это такая интенсивность нагрузки, при которой в течении одного часа будет обслужена нагрузка в одно часо - занятие. В Северной Америке используется параметр Сто секундое соединение или число ССС в час. 1 Эрл = 36 ССС/час.

Час наибольшей нагрузки (ЧНН) – непрерывный интервал времени длительностью в 1 час, в течение которого интенсивность нагрузки, поступающей на телефонную станцию, достигает наибольшего значения.

Расчет пропускной способности каждой вторичной сети базируется на исходных данных в ЧНН. Если уж в ЧНН обеспечивается требуемое качество обслуживания, то в любой другой промежуток времени качество обслуживания будет обеспечиваться тем более.

Интенсивность вызовов – среднее число требований на соединение в единицу времени. Может быть определена как вероятность того, что вызов поступит в течение определенного короткого промежутка времени.

Продолжительность занятия – определяется средней продолжительностью занятия (разговора) –  $h$ . Для статистического описания продолжительности занятия чаще всего применяется показательное распределение. Вероятность того, что соединение продолжается по меньшей мере  $t_c$  задается выражением:  $p(t_c) = \exp(-t_c/h)$ . Это распределение хорошо подтверждается при местных соединениях на телефонной сети при  $h = 100$  с. Продолжительность междугородных соединений, соединений мобильный абонентов также хорошо описывается этим распределением, но с другими средними значениями.

Поведение абонента при недоступности ресурсов может быть различным.

1. Отказывается от требования на соединение
2. Совершает повторные попытки.
3. Ожидает, пока ресурсы станут доступны.

Основные соображения и выводы теории телетрафика справедливы в условиях статистического равновесия, при котором вероятность поступления в систему нового требования на соединение за единицу времени равна вероятности завершения существующего соединения.

В теории телетрафика используются соотношения, полученные методами теории вероятности. Если  $h$  – средняя длительность занятия,  $n$  – среднее число вызовов за период  $T$ , то средняя занятость терминала:  $p = n \times h / T$ . Если терминалов  $N$ , они одинаково загружены и статистически независимы, то вероятность того, что  $K$  из них заняты, задается биномиальным законом (распределение Бернулли).

$$p(K) = \binom{N}{K} p^K (1-p)^{N-K},$$

где:  $\frac{N}{K} = \frac{N!}{K!(N-K)!}$  – биномиальный коэффициент.

Если  $A$  – нагрузка, создаваемая  $N$  терминалами, то:

$$p(K) = \binom{N}{K} (A/N)^K (1 - (A/N))^{N-K}, \text{ при } N \rightarrow \infty:$$

$$(1 - (A/N))^{N-K} \rightarrow e^{-A}; N/K \rightarrow N^K/K!,$$

$$p(K) = (A^K/K!) e^{-A} \text{ – распределение Пуассона.}$$

Предположение о статистической независимости в периоды перегрузки не вполне приемлемы. Рассмотрим простейший пример. Два терминала работают по одной линии (телефон с блокиратором). Пусть средняя занятость  $p = 0.4$ , значит общая нагрузка равна  $2 \times 0.4 = 0.8$  Эрл, т.е. меньше максимальной нагрузки одной линии – 1 Эрл., следовательно, такой простой расчет свидетельствует об отсутствии перегрузки в линии. Подсчитаем вероятности по формуле Бернулли:

а) Вероятность того, что не работает ни один терминал:

$$p(0) = \binom{2}{0} 0,4^0 (1 - 0,4)^{2-0} = 0,36$$

б) Вероятность того, что работает один терминал:

$$p(1) = \binom{2}{1} 0,4^1 (1 - 0,4)^{2-1} = 0,48$$

в) Вероятность того, что работает сразу два терминала:

$$p(2) = \binom{2}{2} 0,4^2 (1 - 0,4)^{2-2} = 0,16.$$

Таким образом с вероятностью 16% в системе возникнет перегрузка. Обслуживание одного терминала зависит от наличия другого. значит, простой расчет дает ошибку. Тем не менее из-за простоты эти формулы используются в практических расчетах.

Перегрузки оцениваются следующими характеристиками:

а) потери по времени – вероятность того, что все обслуживающие приборы заняты.

б) потери по вызовам – это процент не обслуженных вызовов.

Эти и другие характеристики зависят от варианта обслуживания в системе.

#### 4.2. Варианты обслуживания в системах связи

Наиболее распространенные варианты обслуживания в сетях связи: обслуживание с отказами, обслуживание с ожиданиями, обслуживание с потерей части сообщений. Рассмотрим пример реализации разных вариантов обслуживания. К одному терминалу подключено два источника с интенсивностью нагрузки 0,4. Временные диаграммы реализации поступающей нагрузки с источников 1 и 2 показаны на рис. 4.1,а. Общая нагрузка, поступающая на терминал равна 0,8. Сообщение 2 второго источника по времени накладывается на сообщения 1 и 3 первого. Временные диаграммы занятия терминала при разных вариантах обслуживания пока-

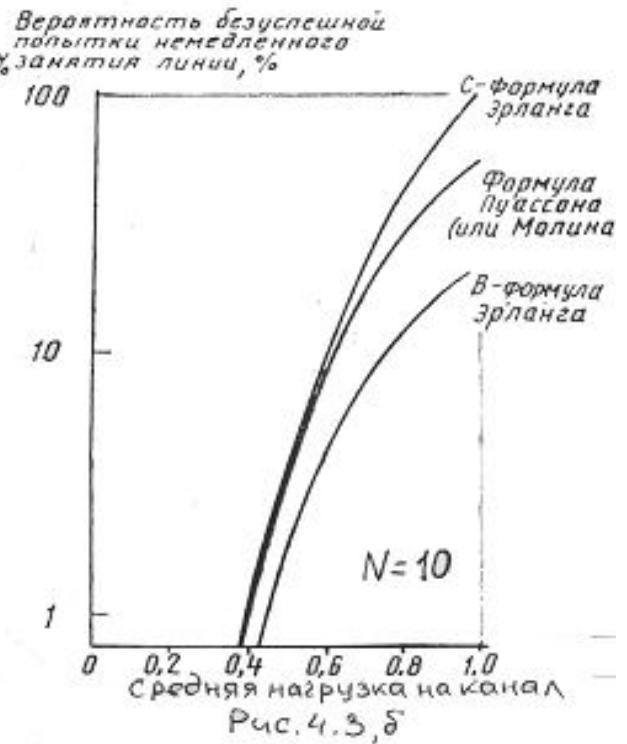
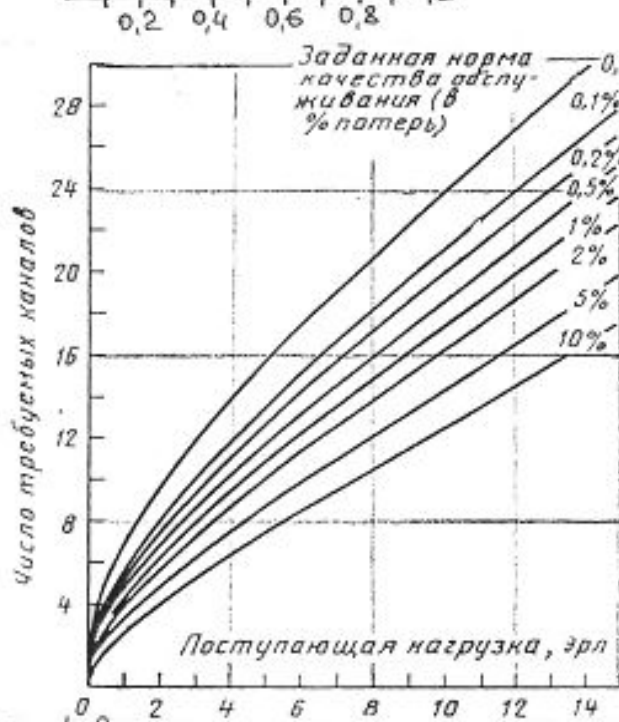
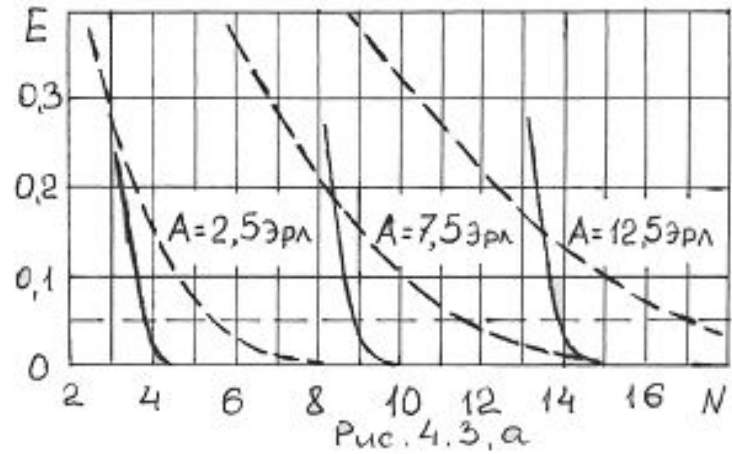
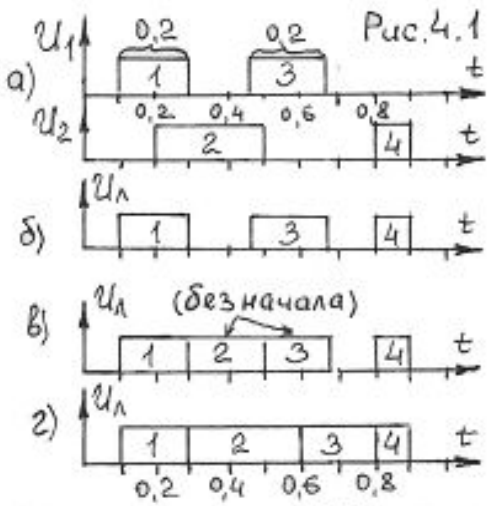


Рис. 4.2.

Рис. 4.3, б

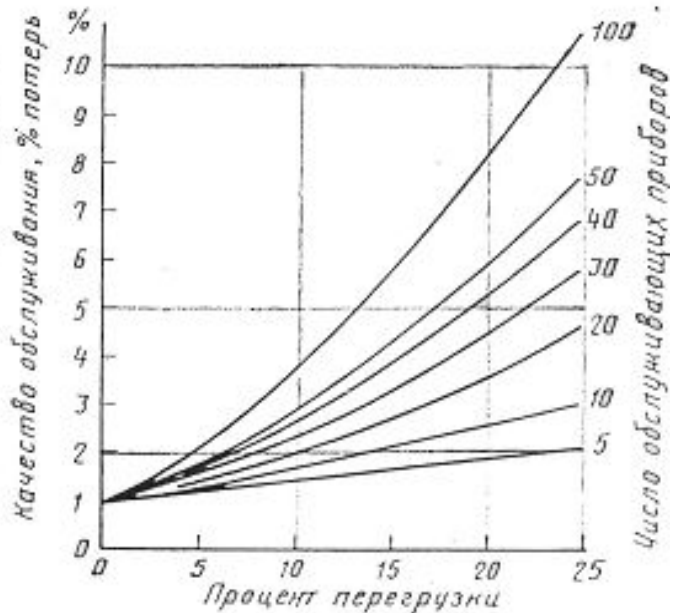
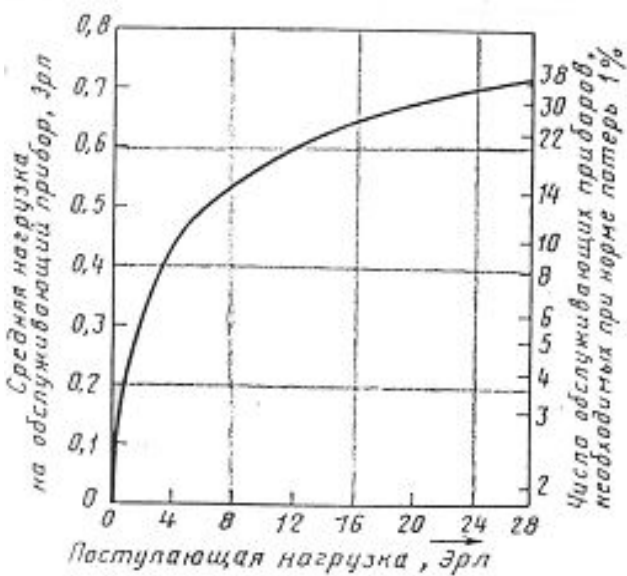


Рис. 4.4

Рис. 4.5

заны на рис. 4.1,б, г. При обслуживании с отказом – сообщение 2 потеряно, переданная нагрузка равна 0,5 Эрл, временная диаграмма показана на рис.4.1,б. При обслуживании с потерей части сообщений 2 и 3 переданная нагрузка равна 0,65 Эрл, временная диаграмма дана на рис. 4.1, в. При обслуживании с ожиданием – вся информация, 0,8 Эрл передана, но сообщения 2 и 3 задержаны, рис. 4.1, г. Разные варианты обслуживания и разные варианты поведения абонентов при недостаточности ресурсов приводят к необходимости создания и применения разных математических моделей при расчете устройств.

### 4.3. Системы с отказами

1. Математические модели систем с отказами построены на предположении о потере заблокированных вызовов: вызов, поступающий в систему на момент занятости всех обслуживающих приборов, получает отказ, немедленно покидает систему и не возобновляется. Это вариант б на рис. 4.1. При таком предположении вероятность того, что при наличии большого числа источников нагрузки и  $M$  обслуживающих приборов заняты  $K$  обслуживающих приборов, рассчитывается по формуле:

$$p(K) = \frac{A^K / K!}{\sum_{x=0}^{x=M} \frac{A^x}{X!}}. \quad (4.1)$$

Эта формула называется В – распределением Эрланга.  $A$  – общая нагрузка, создаваемая источниками. Эта модель достаточно реальна, поэтому формула Эрланга используется очень широко. На ее основе получена формула для расчета вероятности потерь вызовов  $E(M,A)$  при наличии  $M$  обслуживающих приборов и поступающей нагрузке  $A$ . Она получается из формулы (4.1) при  $M=K$  (все приборы заняты):

$$E(M, A) = \frac{A^M / M!}{\sum_{x=0}^{x=M} \frac{A^x}{X!}}. \quad (4.2)$$

Это первая формула Эрланга. По ней рассчитываются потери времени в системе. В формуле не фигурирует число источников, а есть только поступающая нагрузка (если средняя нагрузка на один терминал равна 0,05 Эрл, а терминалов 100, полная нагрузка равна 5 Эрл). Потерянная нагрузка рассчитывается по формуле  $A \times E(M, A)$ . При проектировании нужно решить обратную задачу: для известной нагрузки и заданной вероятности потерь (блокировки) вызовов найти  $M$ . Для решения этой задачи удобно использовать графики рис. 4.2 и соответствующие формулы. При больших нагрузках эти кривые хорошо аппроксимируются прямыми, при этом получаются, например, такие формулы:

$$M = 5,5 + 1,17 A \text{ при } E = 1\%$$

$$M = 7,8 + 1,28 A \text{ при } E = 0,1\%.$$

При  $S < A < 50$  Эрл эти приближенные формулы имеют точность до одного обслуживающего прибора.

2. Если число источников нагрузки ограничено числом  $N$ , вероятность того, что  $K$  обслуживающих приборов из  $M$  заняты, находится по формуле Энгсета:

$$p(K) = \frac{(N/K)p_m^k}{\sum_{x=0}^M \frac{N}{X} p_m^x}. \quad (4.3)$$

Напомним, что  $\frac{N}{K} = \frac{N!}{K!(N-K)!}$ ,

где  $p_m$  – вероятность того, что новый вызов поступает от свободного терминала:  
 $p_m = A/(N-A) = p/(1-p)$ .

#### 4.4. Системы обслуживания с ожиданиями

Если в системе имеется возможность ожидания освобождения обслуживающего прибора, то вероятность задержки вызова можно определить по формуле:

$$B = \frac{1 - \frac{A^M}{M!}}{\sum_{x=0}^{M-1} \frac{A^x}{X!} + 1 - \frac{A^M}{M!}}, \quad (4.4)$$

где:  $\eta = \frac{A}{M}$  – средняя занятость обслуживающих приборов.

Эта формула справедлива только при бесконечной длине очереди и бесконечном числе источников нагрузки. Она называется  $C$  – формулой Эрланга.

Вероятность  $w(\tau)$  того, что в такой системе вызов будет задержан более, чем на  $\tau$  секунд оценивается по формуле:

$$w(\tau) = \exp\{-m(1-\eta)\tau\},$$

где:  $m = M/\tau$ .

Это показательное распределение со средним значением:

$$w(\tau) = \frac{1}{m(1-\eta)} = \frac{\eta}{M(1-\eta)}.$$

Т.е. среднее значение распределения вероятности – это отношение средней продолжительности занятия  $1/M$  к  $1-\eta$ , где  $\eta$  – средняя занятость каждого обслуживающего прибора. (Увеличение средней продолжительности занятия и занятости приводит к увеличению вероятности того, что прибор занят).

Этот результат получается при обслуживании вызовов в порядке их поступления. Если применяются другие дисциплины обслуживания, то распределение получается другим, однако среднее время остается таким же.

Для сравнения систем с отказами и систем с ожиданием на рис. 4.3,а приведены графики [8] зависимости вероятности потерь вызовов от числа каналов для конкретных значений нагрузки  $A=2.5$  и  $7.5$  Эрл. Пунктиром показаны графики для систем с отказами, а сплошными линиями – для систем с ожиданиями с ограниченным временем ожидания – 30 секунд. Горизонтальным пунктиром на рис. 4.3 показан максимально допустимый уровень вероятности потерь вызовов  $E_{\max} = 5\%$ , принимаемый для абонентов подвижной связи (для проводных абонентов  $E_{\max} = 1\%$ ).

Из графиков видно, что для систем с нагрузкой 2.5 Эрл при обслуживании с ожиданием вызова до 30 секунд и числе каналов равном 4 вероятность потерь = 2%, т.е. меньше максимально допустимой. Для получения вероятности потерь < 5% в системе с ожиданием понадобится 6 каналов. При нагрузке 7.5 Эрл потребуется 9 каналов в системе с ожиданием и 12 каналов в системе с отказами.

Заметим, что нормативная средняя нагрузка на 1 абонента сети подвижной связи составляет 0.025 Эрл, т.е. нагрузка в 2.5 Эрл получается от 100 абонентов, а в 7.5 Эрл – от 300 абонентов.

Было рассмотрено несколько вариантов формул для оценки качества обслуживания. Они получены для разных вариантов обслуживания. Для сравнения результатов рассмотрим графики зависимости вероятности безуспешной попытки немедленного занятия линии, построенные по разным формулам на рис. 4.3. Верхняя кривая построена по  $C$  – формуле Эрланга, средняя по формуле Пуассона, а нижняя по  $B$  – формуле Эрланга. Итак,  $C$  – формула Эрланга дает более жесткую оценку. Это объяснимо, так как при наличии очереди немедленно дозвониться труднее.

#### 4.5. Применение теории телетрафика

Пусть имеется система с распределением ресурсов, в которой  $N$  источников нагрузки подсоединены через коммутирующую схему к  $M$  обслуживающим приборам (соединительным комплектам, регистрам, линиям к другим системам коммутации). Будем считать, что схема может подключать любой источник к любому прибору. Такие схемы называются полнодоступными. Задана поступающая нагрузка  $A$ , необходимо определить требуемое число обслуживающих приборов  $M$ . Задачу проектирования решают так.

1. Принимают решение о требуемом качестве обслуживания (задаются вероятностью потерь с использованием нормативных документов).
2. По графикам рис. 4.2, формулам, программам и т.д. определяют число обслуживающих приборов внутри схемы, необходимых для пропуска заданной нагрузки.

Воспользуемся этой методикой для получения конкретных выводов.

#### 4.6. Зависимость эффективной работы приборов от размера системы

По графикам рис. 4.2 получим, что для обслуживания с нормой потерь 10% при нагрузке пять Эрл (средняя нагрузка  $5/7 = 0,714$ ) необходимо семь обслуживающих приборов. При норме потерь 0,2% нужно 13 приборов (средняя нагрузка  $5/13 = 0,38$ ). При нагрузке 10 Эрл соответствующее число приборов составляет 13 (средняя нагрузка 0,74) и 20 (средняя нагрузка 0,5). Следует обратить внимание на то, что при заданном качестве обслуживания удвоение нагрузки не вызывает необходимости удвоения числа обслуживающих приборов.

Эти данные подтверждают общий принцип работы обслуживающих систем: чем больше поступающая нагрузка (т.е. чем больше система), тем больше нагрузки приходится на один обслуживающий прибор, тем эффективнее он работает. Еще одно подтверждение – график рис. 4.4. Он построен для нормы потерь 1% и показывает, что при увеличении поступающей нагрузки возрастет общая средняя нагрузка на один прибор. Число приборов, которые необходимы для обслужива-

ния, тоже увеличивается. Увеличение средней нагрузки плавное – при  $N = 200$  средняя нагрузка на прибор 0,9 Эрл.

#### **4.7. Работа системы обслуживания в условиях перегрузки**

Система, рассчитанная по рассмотренной методике, обеспечивает требуемое качество обслуживания при конкретной нагрузке. Формулы позволяют просчитать, как будет работать выбранная система в случае перегрузки. Итак, задана вероятность потерь = 1%, задана нагрузка, для конкретной нагрузки получили число приборов (например, по графикам рис. 4.20, реализовали систему. Необходимо определить, как эта система будет работать при перегрузке.

Результаты расчета для систем с разным числом обслуживающих приборов приведены на рис. 4.5. Они показывают, что более мощная система более чувствительна к перегрузке. Так, при 25% перегрузке в системе из пяти приборов потери обслуживания возрастают от 1% до 2,1%, а в системе из 50 приборов – от 1% до 7,7%, т.е. почти в восемь раз. При расчете системы (а он сводится к выбору  $N$  при заданных  $A$  и вероятности потерь) можно сразу потребовать соединение двух требований: максимизации средней нагрузки и малой минимизации чувствительности к перегрузке. Такой подход приводит к изменению результатов проектирования. Например, общее задание может быть сформулировано так.

Определить число  $N$  так, чтобы исходное качество обслуживания с нормой потерь 1% не ухудшилось бы более, чем до 5% при перегрузке 10%. Результаты расчетов показывают, что в этом случае не выгодно иметь группы, содержащие более 35 обслуживающих приборов, что соответствует средней нагрузке на прибор всего 0,7 Эрл.

В рассмотренном примере исходное качество обслуживания принималось равным 1%. Если расчетная вероятность потерь составляет 0,2%, а допустимое ухудшение при 10% перегрузке  $< 1\%$ , тогда наиболее эффективное использование дает группа из 70 приборов, при нагрузке на один прибор равной 0,73.

#### *Контрольные вопросы к разделу 4*

1. Перечислите варианты обслуживания в системах связи.
2. Что такое интенсивность нагрузки? Единица измерения интенсивности телефонной нагрузки.
3. Сформулируйте условия статистического равновесия в телефонных сетях.
4. Какой формулой описывается связь нагрузки, числа обслуживающих приборов и вероятность потери вызова в системах с отказами?
5. Как рассчитать число обслуживающих приборов при заданной нагрузке в системе с отказами?
6. Как зависит коэффициент загрузки обслуживающих приборов от размеров системы?
7. Какие параметры нужно задать при расчете вероятности потерь вызовов в системе с ожиданием?
8. Как изменяется качество обслуживания при перегрузке системы связи?
9. Как связана нагрузка с числом абонентов в системе?
10. Сравните число обслуживающих приборов, которое получается при расчете систем с отказами и с ожиданиями.



## Раздел 5. Соединение коммутационных систем

### 5.1. Применение коммутаторов с ограниченной доступностью

Полнодоступными называются коммутационные системы, в которых каждый вход может быть соединен с любым из выходов.

В неполнодоступном коммутаторе вход может быть соединен только с доступными ему выходами, но не со всеми.

Неполнодоступные коммутаторы являются более дешевыми.

В схеме рис. 5.1 коммутационное поле состоит из коммутационного поля группового искания (полнодоступный коммутатор) и коммутационного поля абонентского искания (не полнодоступный коммутатор). Соединение этих двух коммутаторов является полнодоступным коммутатором. У ступени абонентского искания число входов  $N$  заметно больше, чем число выходов  $m$  ( $N > m$ ), поэтому исходящие линии этого устройства нагружены больше, чем входящие линии, поэтому такие схемы называются абонентскими концентраторами (они концентрируют нагрузку).

Коммутаторы с ограниченной доступностью применяются при большом числе обслуживающих приборов. Оказывается, что такие системы выгодно разделять на части [3]. Рассмотрим это на примере:

1. Пусть в системе 200 источников, общая нагрузка 10 Эрл, т.е. – 0,05 Эрл на источник, требуемая норма потерь 0,2%. По графикам рис. 4.2 получается, что для обеспечения заданных потерь требуется двадцать обслуживающих приборов. Если речь идет о полнодоступной коммутационной матрице – она должна иметь  $200 \times 20 = 4000$  точек коммутации. Для многих коммутационных приборов электромеханического типа – герконовых реле и многорядных координатных соединителей коммутатор такой емкости не экономичен. Для уменьшения числа точек коммутации разделяют источники на группы, каждая из которых создает меньшую нагрузку.

2. Разделим источники на две группы по 100 источников, у каждой группы нагрузка 5 Эрл. По графикам находим, что для каждой группы надо по 13 обслуживающих приборов. Всего получается 26 обслуживающих приборов,  $2 \times 100 \times 13 = 2600$  точек коммутации.

3. Для 4 групп по 50 источников, нагрузка у каждой группы 2,5 Эрл, требуется по 8 обслуживающих приборов на группу, всего 32. У такой системы  $4 \times 50 \times 8 = 1600$  точек коммутации.

Деление системы на части приводит к невозможности соединения источника с приборами, подключенными к другим группам. Такие системы называются системами с ограниченной доступностью или неполнодоступными.

#### Выводы.

1. Деление нагрузки между приборами позволяет сократить общее число точек коммутации.

2. Сокращение непропорциональное, так как зависимость числа приборов от нагрузки нелинейная – при меньших нагрузках коммутаторы работают менее эффективно.

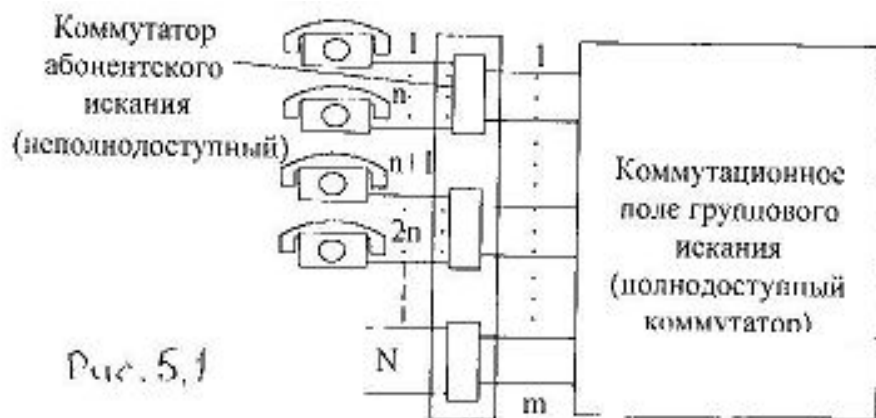


Рис. 5.1

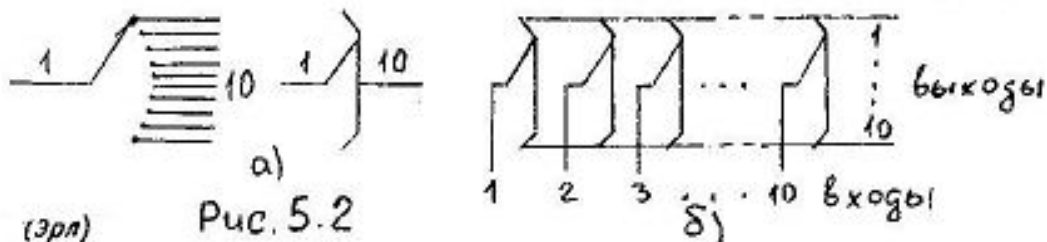


Рис. 5.2

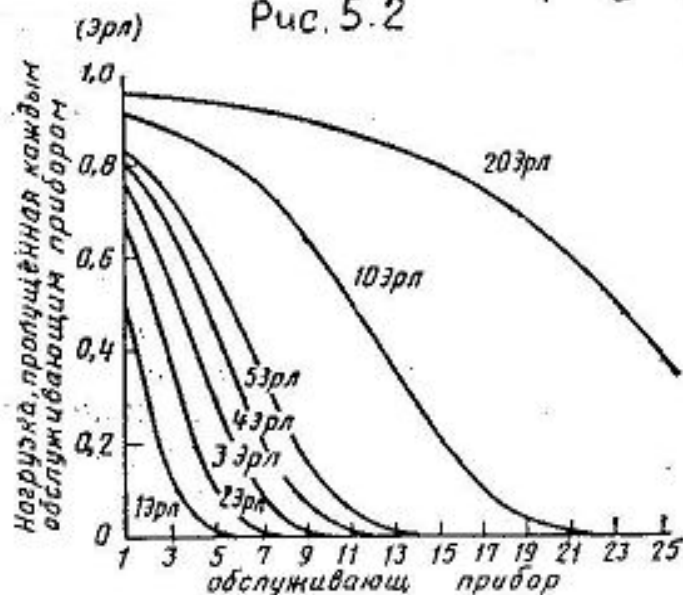


Рис. 5.3

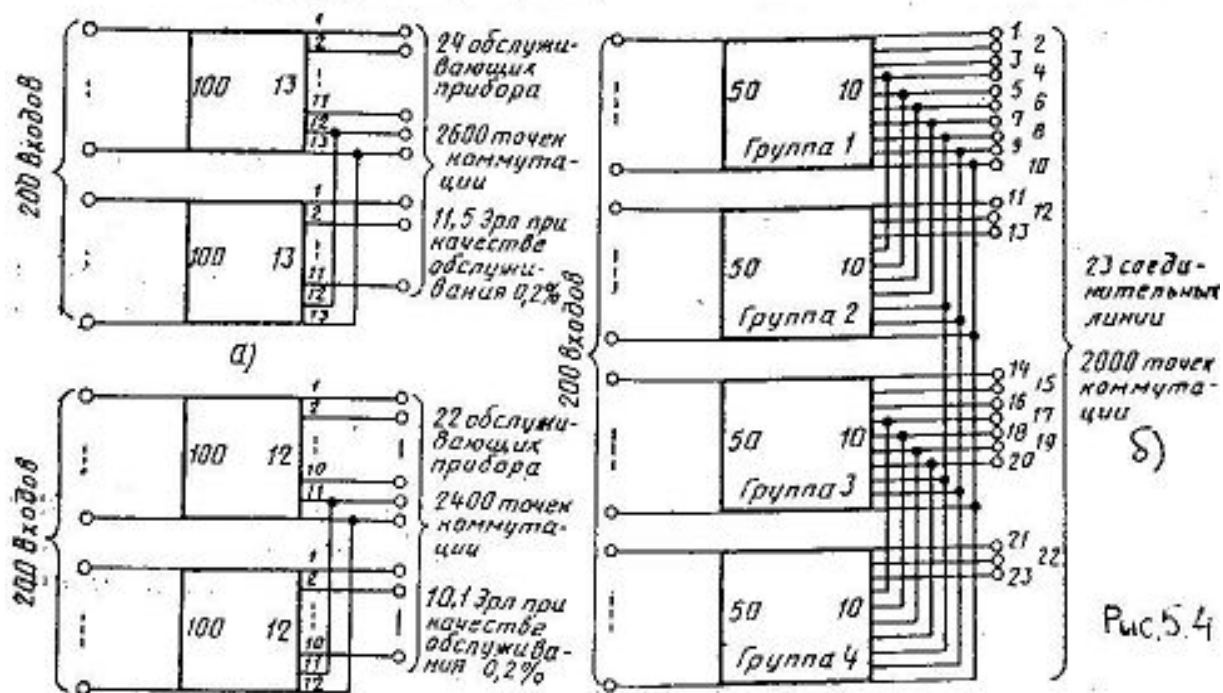


Рис. 5.4

3. Системы с разделенной нагрузкой являются схемами с ограниченной доступностью.

### 5.2. Схема свободного искания с шаговыми искателями, ступенчатое включение коммутаторов

Уловное обозначение ШИ на 10 выходов показано на рис. 5.2,а, схема коммутатора из десяти ШИ с 10 выходами изображена на рис. 5.2,б. Свободное искание реализуется при соединении абонентской линии со станцией. У каждой линии свой ШИ. При поднятии трубки он ищет свободных канал, через который он под-соединяет линии к АТС.

Все искатели начинают поиск свободного прибора в одном и том же порядке и начиная с первого обслуживающего прибора. В результате первый прибор – выход 1 сразу же занимается первым вызовом, поступающим после его освобождения. Нагрузка, поступающая на выход 2 – это нагрузка, потерянная на первом приборе и т.д. Пусть  $A$  – вся поступающая нагрузка, вся она поступает на первый прибор. Для расчета вероятности блокировки воспользуемся первой формулой Эрланга:

$$E(M, A) = \frac{A^M / M!}{\sum_{x=0}^{x=M} \frac{A^x}{x!}}$$

При  $M = 1$  получим  $E(1, A) = A / (1 + A)$  Это вероятность того, что первый прибор занят (при этом нагрузка поступает на другие приборы). Таким образом, нагрузка, поступающая на второй прибор (не обслуженная первым прибором) равна:  $A * E(1, A) = A * A / (1 + A)$ . Нагрузка, обслуженная первым прибором  $A_1$ , равна разности:

$$A_1 = A - A * E(1 - A) = A(1 + A - A / 1 + A) = A / (1 + A).$$

Продолжая далее получим, что нагрузка, обслуженная  $n$ -ым прибором равна:  $A_n = A(E(n - 1, A) - E(n, A))$ .

Например, при  $A=5$  получим:  $A_1 = 0.83$ ,  $A_2 = 0.788$ ,  $A_3 = 0.73$  Эрл. Данные для разных нагрузок и разных приборов показаны на графиках рис. 5.3. Видно, что нагрузка, выполненная обслуживающими приборами последнего выбора, является незначительной, однако, наличие этих приборов существенно сказывается на обеспечении требуемого качества обслуживания.

Эффективность приборов последнего выбора можно повысить, если сделать их общими для двух или нескольких групп приборов. Примеры схем соединения двух групп приборов показаны на рис. 5.4,а. В такой схеме при практически том же качестве обслуживания меньше линий (24), чем при использовании двух не-связанных групп (26). Точно рассчитать качество обслуживания для такой группы сложно, хотя и существует несколько методик. Схема объединения приборов последнего выбора называется ступенчатым включением. Она используется в коммутационных системах многих типов. Ступенчатое включение может охватывать несколько групп источников (см. например, рис. 5.4,б). В большом неполнодоступном коммутаторе можно реализовать много вариантов схем ступенчатого включения. Их представляют кроссировочными схемами. Варианты схем описаны в [3].

Задача подключения обслуживаемых терминалов к обслуживающим приборам актуальна не только для рассмотренной АТС с шаговыми искателями но и для других применений. Например, подключение вызовов к телефонисткам Call – центра и т.п. Для схемы, в которой при поступлении запроса на соединение поиск свободного прибора всегда начинается с первого обслуживающего прибора, характерна неравномерная загрузка обслуживающих приборов. (При таком подключении первая телефонистка Call – центра всегда будет загружена, а последней работа будет доставаться очень редко, только при перегрузке сети. Для устранения этого недостатка используют другие варианты организации подключений.

### 5.3. Многокаскадные (многосвязные) коммутационные системы

Полнодоступная коммутационная система с большим числом выходов и входов может быть получена соединением полнодоступных коммутаторов с меньшим числом входов и выходов. Другими словами, коммутаторы с ограниченной доступностью могут быть объединены в несколько каскадов так, чтобы образовалась полнодоступная система.

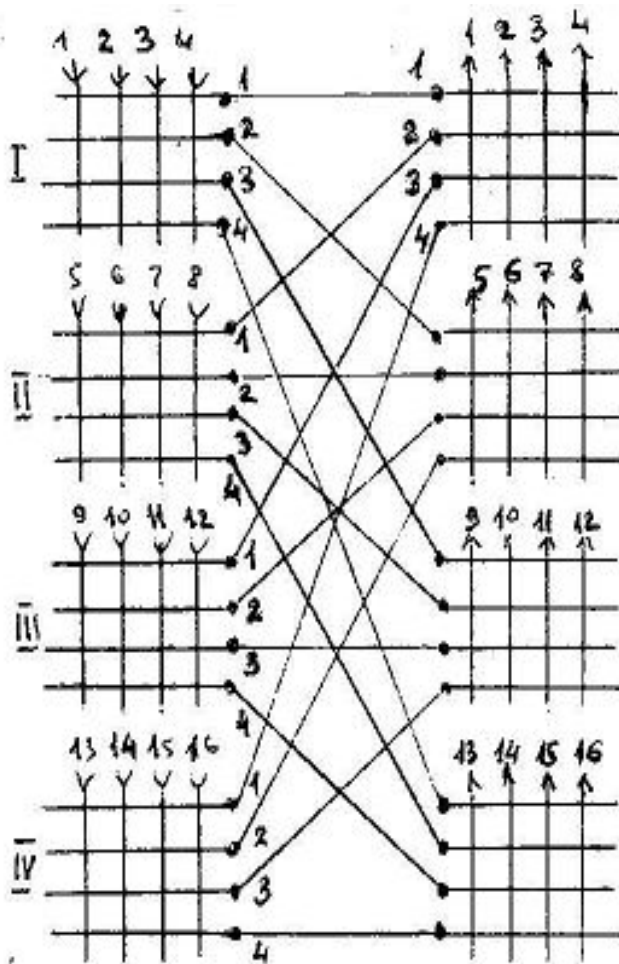
В таких системах соединение входа с выходом производится через два и более звеньев, т.е. осуществляется через две и более точек коммутации и промежуточную линию, соединяющую звенья.

Пример двухзвенной схемы с 16 входами и 16 выходами из восьми коммутационных матриц  $4 \times 4$  показан на рис. 5.5. Четыре матрицы, расположенные слева на этом рисунке, образуют неполнодоступный коммутатор первого звена (А), а четыре матрицы, расположенные справа, - неполнодоступный коммутатор второго звена (В). Число промежуточных линий, соединяющих звенья, равно  $V_{пр} = 16$ . Схема решает задачу полнодоступной коммутации  $16 \times 16$ . Эту же задачу можно решить с помощью полнодоступной матрицы  $16 \times 16$ . Для нее число точек коммутации равно:  $T = N \times M = 16 \times 16 = 256$ . В двухзвенной схеме число точек коммутации равно сумме чисел точек коммутации звеньев  $T = T_a + T_b = 4 \times 4 \times 4 + 4 \times 4 \times 4 = 128$ , т.е. в два раза меньше. В некоторых многокаскадных схемах сокращение числа точек коммутации оказывается более значительным.

Сокращение числа точек объясняется повышением использования точек коммутации. Например, одна и та же точка коммутации в первом звене позволяет соединять вход с разными выходами (с четырьмя в примере рис. 5.7). Коммутатор с меньшим числом точек дешевле. Однако, в данном случае удешевление достигается ценой приобретения следующих недостатков:

1. Увеличение потерь сообщений из-за внутренней блокировки. Если в схеме уже установлено соединение, некоторые свободные выходы становятся недоступными из-за занятости промежуточных линий. Например, если в схеме рис. 5.5 установлено соединение входа 3 с выходом 10, значит с 1, 2, 4 входов нельзя попасть на 9, 12 и 11 выходы, даже если никаких других вызовов больше нет. Таким образом, пропускная способность коммутатора понижена. Коммутаторы, у которых возможность соединения двух абонентов зависит от установленных ранее соединений, называются блокируемыми.

2. Соединение осуществляется не через одну, а через несколько точек комму-



$N=16$  звено А

Рис. 5.5 звено В  $M=16$

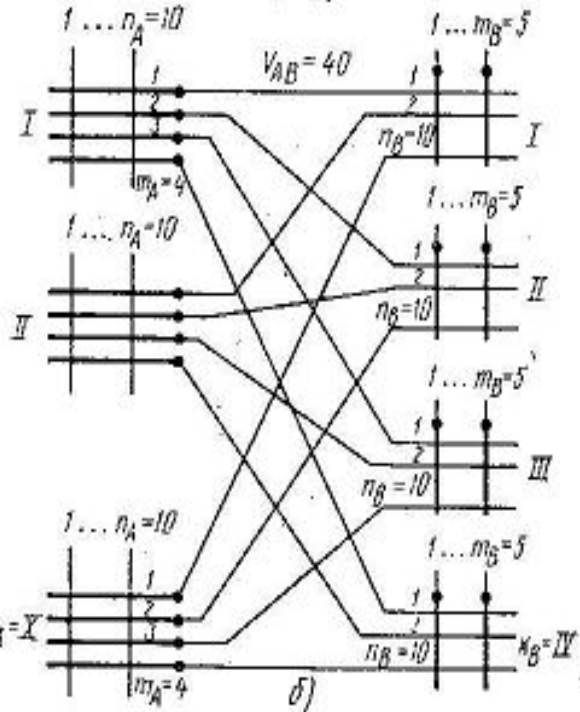
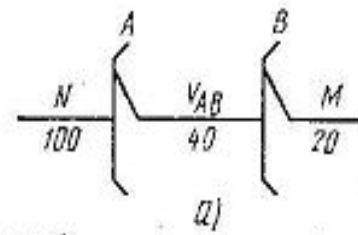
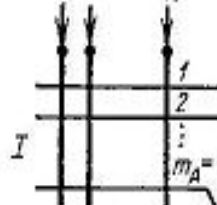


Рис. 5.6

звено А.

$1 \ 2 \ \dots \ n_A=10$



звено В

$D=10 \ D=10 \ D=10$   
 $q=1 \ q=1 \ q=1$

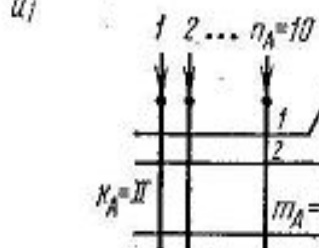
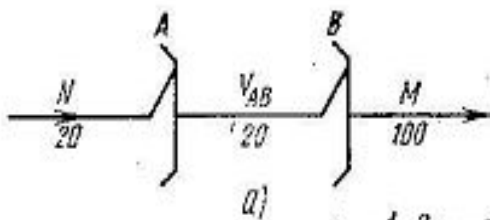
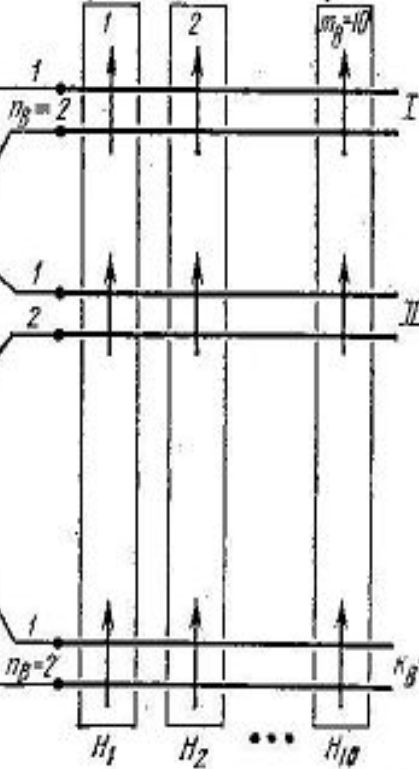


Рис. 5.7

д)

тации (в схеме рис. 5.5 через две точки), что ведет к росту потерь сигнала или росту времени задержки.

При рациональном построении коммутаторов потери сводят к величинам, не выходящим за пределы установленных норм, поэтому многозвенные коммутаторы находят применение.

Двухзвенные схемы часто использовали в координатных станциях. Рассмотрим конкретные примеры.

#### **5.4. Двухзвенное включение МКС в режиме свободного искания**

При поступлении вызова от абонентской линии, эта линия должна быть подключена к свободному входу АТС.

Пусть число линий  $N=100$ , входов АТС –  $M=20$ . Схема осуществляет абонентскую концентрацию  $100/20 = 5$  раз. Схема используется в координатной станции. Коммутационный элемент МКС  $20 \times 10 \times 6$  (число вертикалей 20, число входов вертикали - 10, проводность - 6). Схема рассматриваемого коммутатора показана на рис.5.6,а, а детальная схема на рис. 5.6,б. Коммутатор двухзвенный. В первом звене 10 коммутаторов из 4-х вертикалей  $10 \times 10 = 100$  входов  $10 \times 4 = 40$  выходов, во втором звене 4 коммутатора из 5 вертикалей  $4 \times 10 = 40$  входов,  $4 \times 5 = 20$  выходов. Звенья соединены 40 промежуточными линиями.

В первом звене используется 40 вертикалей, т.е. два МКС  $20 \times 10 \times 6$  (по 20 вертикалей в каждом), во втором звене  $4 \times 5 = 20$  вертикалей, оно реализуется на одном два МКС  $20 \times 10 \times 6$ . Значит, весь коммутатор реализуется на трех МКС выбранного типа.

#### **5.5. Двухзвенное включение МКС в режиме группового искания**

В устройствах группового искания требуемое направление коммутации, промежуточные линии и свободный выход в направлении выбираются устройством управления. Рассмотрим пример коммутатора с  $N=20$  и  $M=200$ . Это коммутатор с расширением. Он используется для подключения коммутатора к вызываемой абонентской линии. Коммутатор, реализованный на вертикалях МКС  $20 \times 10 \times 6$  показан на схеме рис. 5.7,а. Это двухзвенный коммутатор.

Звено А – состоит из двух коммутаторов. Каждый имеет 10 входов и использует 10 вертикалей. В звене А 20 выходов ( $2 \times 10 = 20$  выходов). Звено В состоит из 10 коммутаторов по 2 входа и 10 выходов. Каждый из коммутаторов реализуется на двух вертикалях. Одноименные контактные поля двух вертикалей коммутатора звена В соединяются параллельно и образуют 10 выходов. Схема коммутатора показана на рис. 5.7,б. Эта двухзвенная схема тоже подвержена действию внутренних блокировок. Соединение входа одного из входных коммутаторов с выходом конкретного выходного коммутатора занимает промежуточную линию, поэтому другое соединение между этими коммутаторами невозможно.

#### **5.6. Коммутационные системы большой емкости**

При построении коммутатора с  $N$  входами и  $N$  выходами нужно  $N$  в квадрате точек коммутации. Для сокращения числа точек коммутации системы большой емкости выполняют многозвенными (многокаскадными) из коммутаторов меньшего размера. Это обеспечивает сокращение числа точек коммутации, но в таких схемах возникает возможность внутренней блокировки. Другими словами, появ-

вится вероятность того, что свободный вход получает отказ в соединении со свободным выходом из-за отсутствия свободного соединительного пути. Для того, чтобы построить коммутационное поле  $N \times N$  из коммутаторов  $n \times n$  необходима схема из  $K$  каскадов звеньев  $N = n^K$ . При этом, если нагрузка на канал равна  $A$ , то  $B$  – вероятность блокировки рассчитывается по формуле:  $B = 1 - (1 - A)^{K-1}$ .

Чтобы обеспечить уменьшение вероятности блокировки, нужно увеличить число соединительных путей. Один из способов решения этой задачи – применение перемешивающих каскадов. На рис.5.8 показана схема двухзвенного коммутатора, а на рис. 5.9 – схема коммутатора с дополнительным перемешивающим звеном. Все коммутаторы в этой схеме одинаковые. В таком коммутаторе, при занятой СЛ, возможно соединение по обходному пути, поэтому вероятность блокировки такого коммутатора меньше. Она рассчитывается по формуле:  $B = (1 - (1 - A)^2)^n$ .

В 1954 году Клосс предложил неблокирующую схему коммутатора  $100 \times 100$  с перемешивающим звеном. Первое звено он построил из десяти коммутаторов  $10 \times 19$ , второе из девятнадцати –  $10 \times 10$ , а третье из десяти –  $10 \times 19$ . Схема коммутатора показана на рис. 5.10. Этот коммутатор имеет 5700 точек коммутации вместо 10000 точек полной коммутационной матрицы. Фактически он предложил увеличить число промежуточных линий, подключающих среднее звено, для уменьшения вероятности блокировки. Многозвенные схемы, у которых число промежуточных линий больше, чем число входящих линий называются схемами с расширением

Аналогичным образом строится схема с концентрацией, у которой число промежуточных линий меньше, чем число входящих. Число промежуточных линий может быть уменьшено при ограниченной нагрузке и необходимости обеспечивать  $M$  соединений при  $M < N$ . При этом уменьшается число точек коммутации.

Несмотря на отмеченные недостатки многокаскадные схемы применяются и для увеличения числа входов в схемах с цифровыми пространственно-временными коммутаторами. Напомним, что такие коммутаторы соединяются ИКМ линиями с 30 каналами (аналогично 30 соединительным линиям в случае аналоговой схемы). Поэтому вероятность блокировки конкретного вызова в такой системе значительно ниже и, фактически, основной недостаток не проявляется.

Примером двухкаскадного коммутатора цифровой АТС может служить секция коммутационного поля цифровых АТС Алкатель 1000,S12. Она состоит из модулей цифрового коммутационного поля (МЦКП), которые имеют по 16 портов. Один порт объединяет одну входящую ИКМ линию и одну исходящую. Фактически каждый МЦКП является пространственно-временным полнодоступным неблокируемым коммутатором  $512 \times 512$  (32 канала  $\times$  16 линий = 512). МЦКП объединены в секции. Структурная схема секции показана на рис. 5.11. Секция состоит из двух каскадов по 8 модулей в каждом и является пространственно-временным коммутатором на 128 ИКМ портов ( $32 \times 128 = 4096$ ) или  $4096 \times 4096$  каналов. Секции объединяются в плоскости цифрового коммутацион-

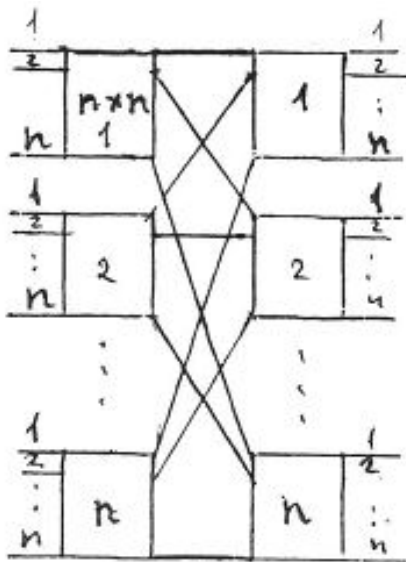


Рис. 5.8

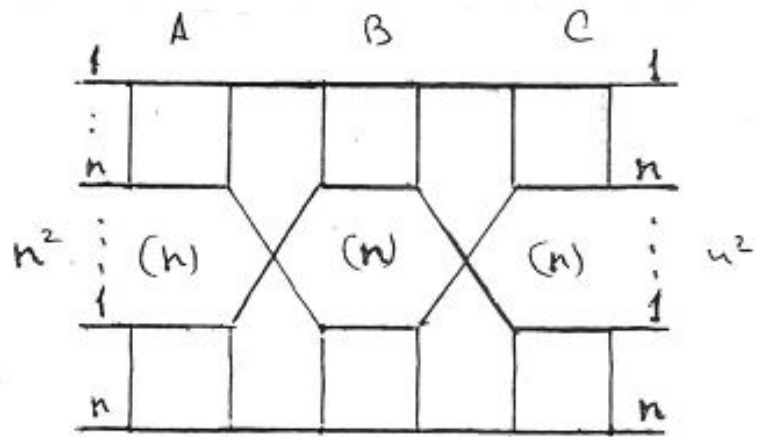


Рис. 5.9

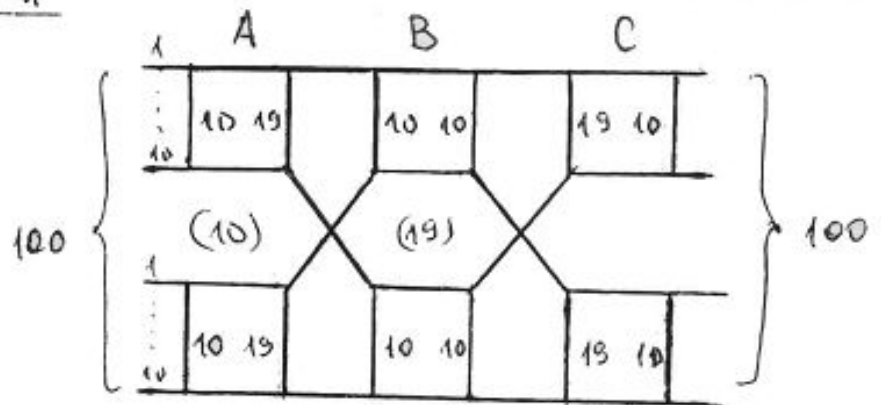


Рис. 5.10

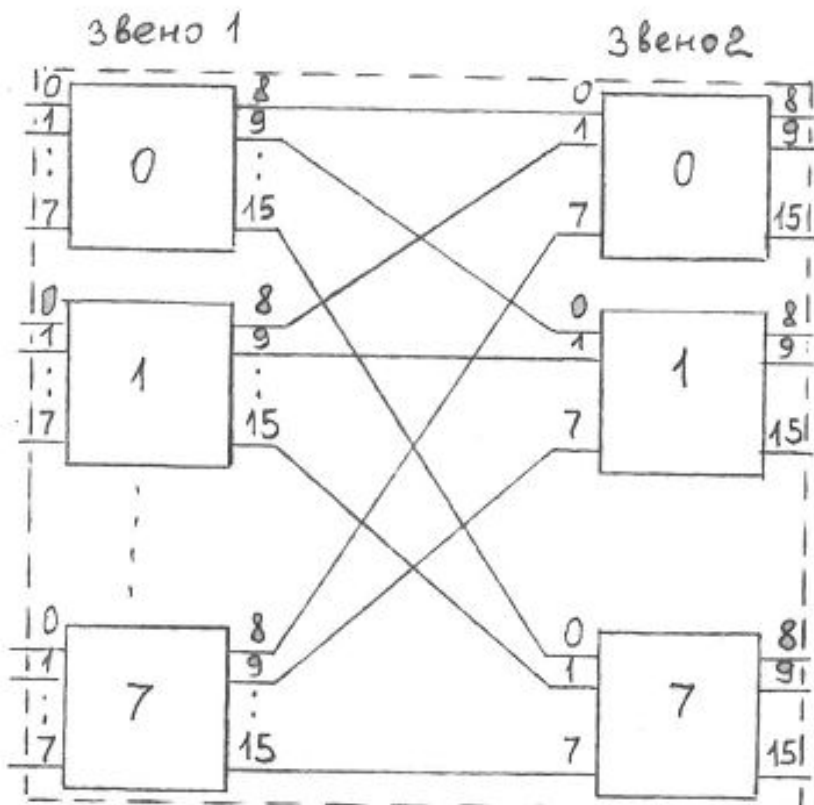


Рис. 5.11



ного поля (ЦКП) станции. Схема ЦКП Алкатель 1000,S12 в самой полной комплектации показана на рис. 5.12. Она состоит из коммутаторов доступа и плоскостей. В каждой плоскости: 16 несвязанных секций соединяются через третье, соединительное – звено, содержащее 8 групп по 8 МЦКП так, что все входы оказываются связанными. (Другими словами, вся плоскость как бы является трехзвенным коммутатором, в котором коммутаторы звеньев – секции). Соединительное звено (3 ступень группового искания) играет роль перемешивающего звена. Оно вводится для увеличения числа возможных соединительных путей и уменьшения внутренних блокировок. Число входов плоскости - 1024 цифровых линии (порта).

*Контрольные вопросы к разделу 5*

1. Полнодоступные и неполнодоступные коммутаторы.
2. Блокируемый и неблокируемый коммутаторы.
3. Преимущества и недостатки двухзвенных коммутаторов.
4. Пояснить суть возникновения блокировки в двухзвенном коммутаторе.
5. Пояснить, почему вероятность блокировки двухзвенного цифрового коммутатора меньше, чем у аналогового.

## **Раздел 6. Сигнализация и синхронизация в сетях СВЯЗИ**

### **6.1. Сигнализация в телефонных сетях**

Сигнализация в сетях связи - это совокупность сигналов, передаваемых между элементами сети для установления, поддержания и разрушения соединений, и способов передачи этих сигналов [3].

Сигналы сигнализации передаются по специальным выделенным каналам, и по телефонным каналам во время установления соединения и разъединения. Сигналы, передаваемые по абонентским и соединительным линиям в прямом и обратном направлениях, разделяются на три группы: линейные, управления и информационные (акустические).

Линейные сигналы передаются по линиям как в прямом, так и в обратном направлениях с момента начала установления соединения и до полного освобождения линий. Эти сигналы отмечают основные этапы установления соединения: занятие, отбой, разъединение и др.

К сигналам управления относятся сигналы, передаваемые между абонентскими аппаратами и управляющими устройствами, а также между управляющими устройствами узлов и станций в процессе установления соединения как в прямом, так и в обратном направлениях. Основными сигналами управления являются сигналы набора номера (адресная информация). Кроме того, используются сигналы АОН, сигналы о виде устанавливаемых соединений и др.

Информационные акустические сигналы передаются в основном от АТС к ТА и служат для информации абонентов о состоянии устанавливаемого соединения "Ответ станции", "Занято", контроль посылки вызова.

Линейные и управляющие сигналы могут передаваться тремя основными способами:

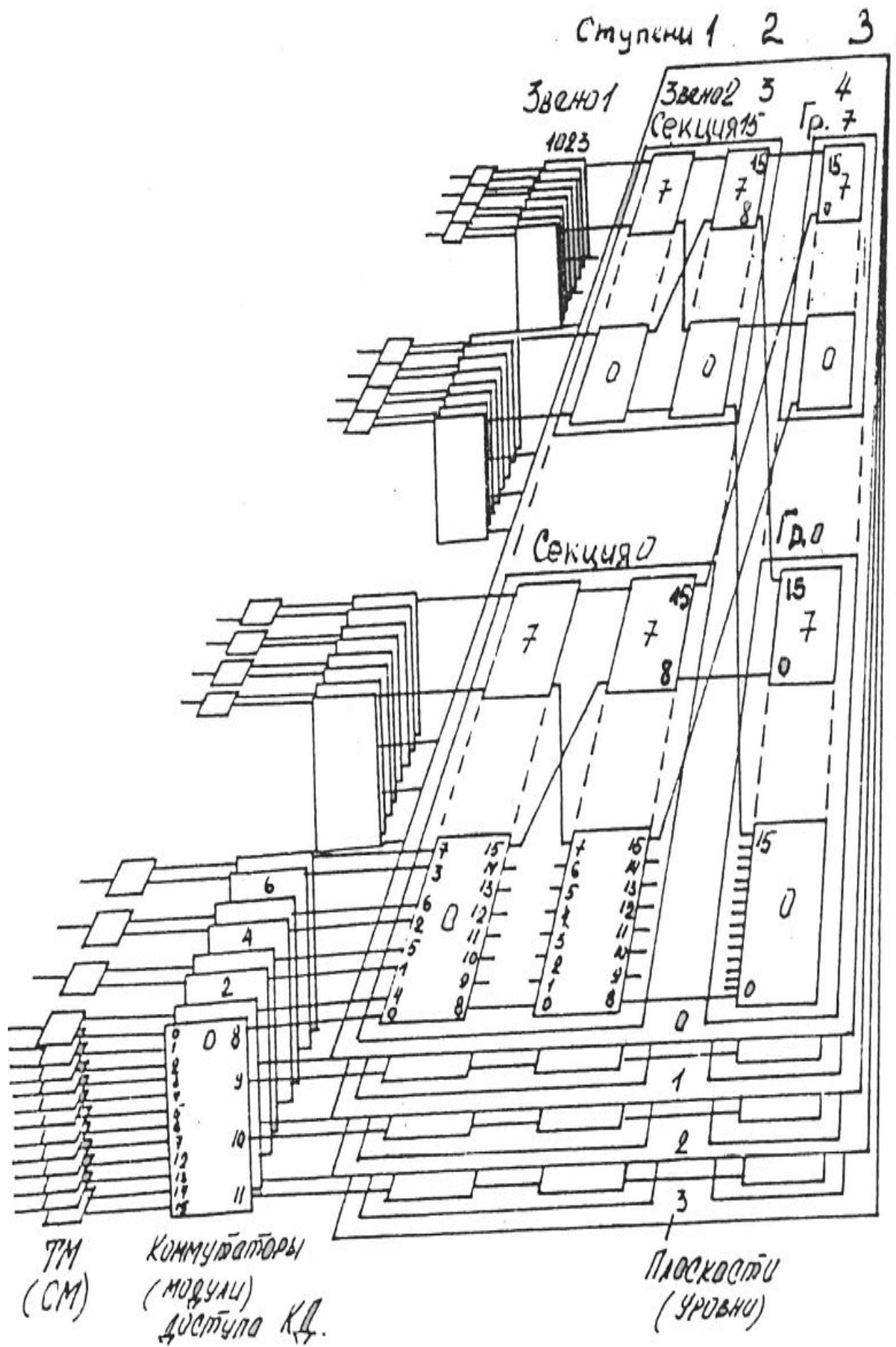


Рис. 5. 12

1. непосредственно по телефонным каналам (внутриполосные системы сигнализации),
2. по выделенным сигнальным каналам (регистрация сигнализация),
3. по общему каналу сигнализации.

#### 6.1.1. Внутриполосные системы сигнализации

Способ передачи сигнализации непосредственно по телефонным каналам придуман для телефонных станций с шаговыми искателями, сигналы по телефонным каналам передаются постоянным током или токами тональной частоты (в пределах диапазона 300 - 3400 Гц). Системы сигнализации, работающие по этому способу, называются внутриполосными системами сигнализации. На рис. 6.1 показан фрагмент схемы телефонной сети из нескольких АТС с шаговыми искателями. Шаговый искатель совмещает в себе управляющее устройство и переключатель линии. Каждый импульс набора номера поворачивает переключатель искателя на один шаг. Импульсы следующей цифры набора поворачивают переключатель следующего искателя и так далее. Последней цифрой последний искатель подключает линию вызывающего абонента к аппарату вызываемого абонента.

Таким образом, в сети со станциями на шаговых искателях соединение устанавливается во время набора номера.

#### 6.1.2. Сигнализация по выделенному сигнальному каналу

Системы сигнализации по выделенному сигнальному каналу (Channel Associated Signaling - CAS) разработаны для координатных телефонных станций, у которых набранный номер записывается в регистр, а затем передается групповым управляющим устройствам - маркерам - сигналами многочастотной регистровой сигнализации [1, 3]. Эти сигналы используются для передачи цифр - адресной информации, а также дополнительной информации об абонентах.

Сигнал многочастотной регистровой сигнализации - это импульс с заполнением сигналами двух из шести специальных частот звукового диапазона. В распространенной системе сигнализации типа R1 используются частоты: 700, 900, 1100, 1300, 1500, 1700 Гц.

Число возможных двухчастотных сигналов два из шести - пятнадцать штук. Этого количества достаточно для управления.

Сигналы передаются как в прямом, так и в обратном направлении. В отечественных системах для передачи в обоих направлениях используются одинаковые частоты. В системе сигнализации типа R2 для передачи в прямом направлении (от вызывающего к вызываемому абоненту) используются частоты верхней группы 1380... 1980 Гц, в обратном направлении - частоты нижней группы 540... 1140 Гц. Для реализации многочастотной сигнализации используют кодовые генераторы и кодовые приемники. Схема передачи сигналов использующей две сетки частот, показана на рис. 6.2. В кодовом передатчике, при передаче конкретной цифры одновременно замыкаются 2 ключа и передается импульс с двухчастотным заполнением. В кодовом приемнике каждый фильтр выдает отклик только на сигнал «своей» частоты, а дешифратор выдает импульс на конкретном выходе только при одновременном приходе импульсов на два соответствующих входа.

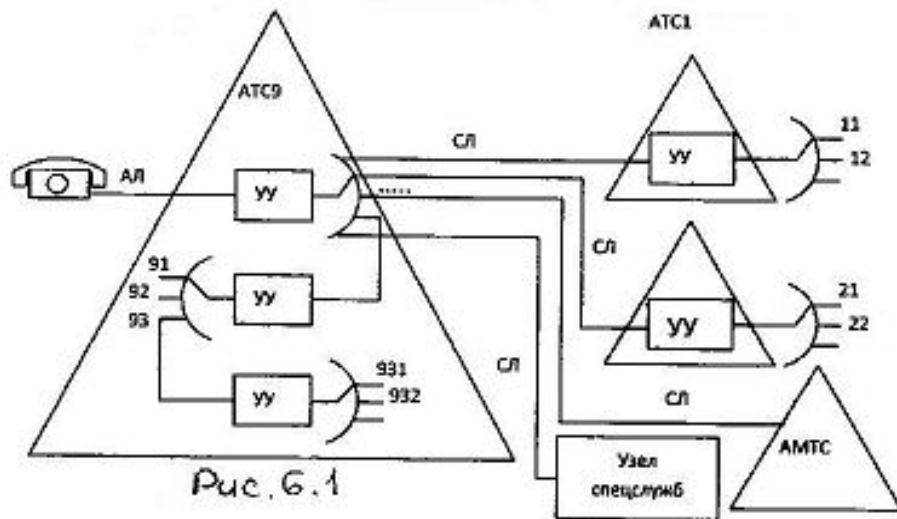


Рис. 6.1

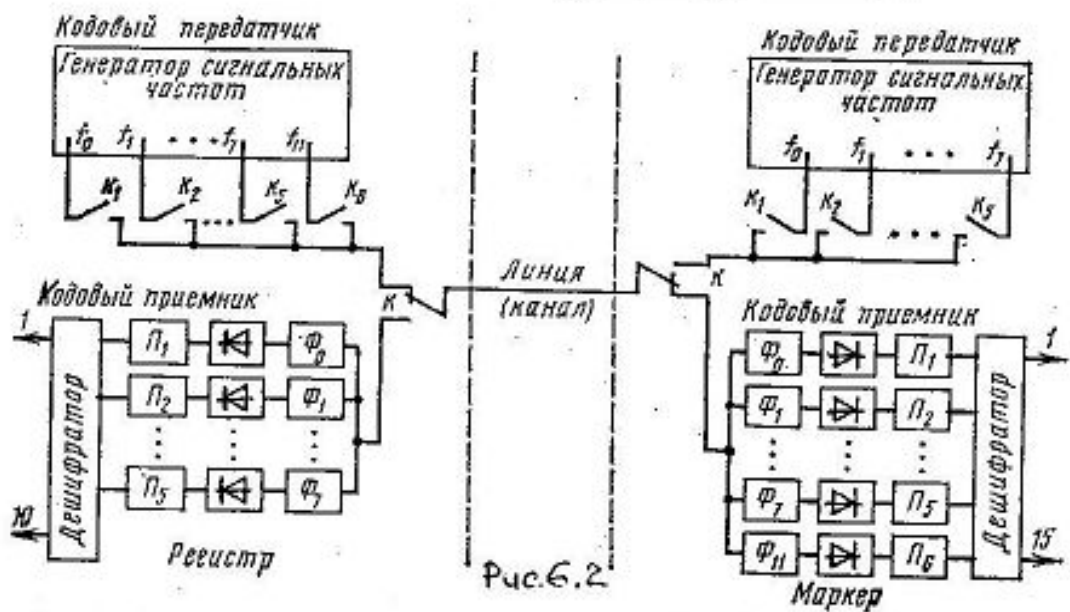


Рис. 6.2

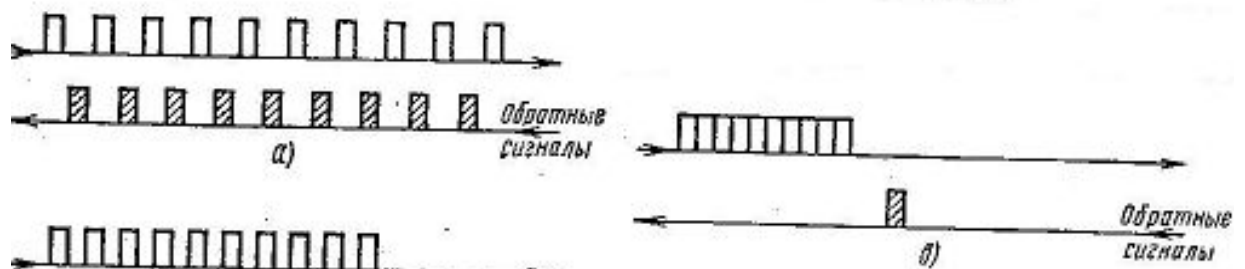


Рис. 6.3

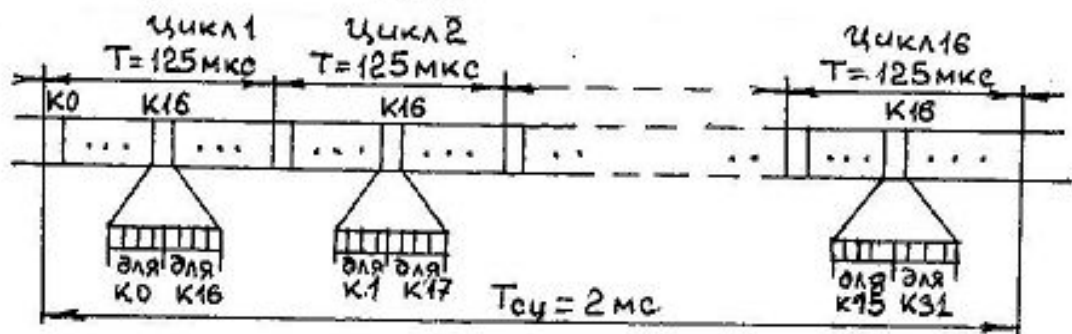


Рис. 6.4

Примеры значений сигналов. Прямое направление:

- 1..9 - цифры 1..9, 10- цифра 0
- 11 выход к оператору
- 12 выход к оператору задержанных вызовов
- ...
- 15 конец набора.

Обратное направление:

- 1 передать следующую цифру
- 2 повторить последнюю цифру
- 5 передать характеристику исходящего абонента
- ...
- 15 отказ.

Обмены сигналами могут быть организованы по разному:

1. При передаче импульсным челноком после передачи импульса в прямом направлении передается импульс в обратном направлении, осциллограммы сигнала показаны на рис. 6.3,а.
2. Передача импульсным пакетом импульс в обратном направлении передается после передачи всех импульсов в прямом направлении, осциллограммы сигнала даны на рис. 6.3,б.
3. Передача безинтервальным импульсным пакетом (для этого способа характерно сокращенное время передачи), осциллограммы показаны на рис. 6.3,в.

Передача сигналов многочастотным кодом называется регистровой сигнализацией. Суть её состоит в том, что при наборе номера можно передавать цифры номера следующим ступеням искания. Используется два метода передачи:

Эстафетная передача

Первая станция устанавливает соединение со следующей станцией и передает ей остаток номера. Вторая станция устанавливает соединение и передает ей остаток номера третьей станцией. При передаче предшествующая станция освобождается.

Сквозная передача

При сквозной передаче всем процессом соединения управляет управляющее устройство вызывающей станции. То есть, сначала устанавливается соединение на своей станции, оно же передаёт на вторую и затем на третью.

Эстафетный принцип заложен в сигнализацию R1. В сигнализации R1 сигналы в прямом и обратном направлении передаются одной сеткой частот 700, 900.....

Сквозной принцип заложен в сигнализации R2. Здесь в прямом направлении сигналы используются сигналы частот верхней группы 1380...1980 Гц, а в обратном направлении - сигналы частот нижней группы 540...1140 Гц.

В странах бывшего СССР используется сигнализация - R1,5 (полтора). Она основана на сквозной передаче (как R2) и использует одну сетку частот для прямого и обратного направлений (как R1). Обмен сигналами осуществляется по способу импульсный челнок.

В линиях ИКМ 30/32 в системе сигнализации используются временные каналы с номерами K16 - для передачи сигналов внутри систем, для организации обмена

линейными сигналами между АТС, а при связи с АТСДШ - для трансляции сигналов набора номера в декадном коде.

Код линейного сигнала каждого канала занимает четыре разряда (т.е. имеется 16 вариантов этого кода, 16 разных сигналов). В К16 можно передать только 8 Бит за цикл. Следовательно, за один цикл можно передать линейные сигналы только двух каналов. Чтобы регулярно передавать линейные сигналы всех 32-х каналов, организуются сверхциклы. Длительность  $T_{\text{сц}}$  одного сверхцикла равна длительности 16 -ти циклов, то есть

$$T_{\text{сц}} = 16T = 16 * 0,125 = 2 \text{мс.}$$

Во время шестнадцати циклов в системе по очереди (по два канала) в интервале времени 16 каналов передаются линейные сигналы всех 32 каналов. Структура сверхцикла показана на рис. 6.4.

### 6.1.3. Сигнализация по общему сигнальному каналу

Сеть связи состоит из множества узлов коммутации, связанных между собой ИКМ трактами. Для передачи сигнальных сообщений по общим сигнальным каналам к этой системе подключена дополнительная сеть общего канала сигнализации - ОКС 7 или SS7 (Signaling System 7) [1, 6]. Пункты сигнализации сети ОКС 7 (SP – Signaling Point) связаны с коммутационными узлами сети связи или являются блоками коммутационных узлов. Информация передается по сети связи, а сигнализация - по сети ОКС 7. Структурная схема всей сети показана на рис. 6.5. Сообщения в сети ОКС 7 передаются по двунаправленным каналам пакетами, которые называются сигнальными единицами SU (Signal Unit) со скоростью 64 Кбит/сек, Кроме SP в сети ОКС 7 используются следующие элементы:

-STP – Signaling Transfer Point – транзитные пункты сигнализации.

-SCP – Service Control Point – узлы управления услугами интеллектуальной сети.

-Центры эксплуатационного управления.

В интеллектуальных сетях вместо SP используются SSP – Service Switching Point – узлы коммутации услуг.

Элементы сети ОКС №7 соединяются сигнальными звеньями SC (Signal Chain) или пучками сигнальных звеньев.

Два сигнальных пункта SP называются смежными, если они соединены прямым пучком сигнальных звеньев.

Несмежными – если SP связаны через транзитные пункты.

Различают три режима сигнализации.

1. Связанный режим сигнализации – информация, относящаяся к сигнальной связи определенных SP, передается по сигнальному звену, которое связывает эти два SP непосредственно. При использовании только связанного режима сигнализации структура сети ОКС 7 совпадает со структурой обслуживаемой ею сети связи, в которой реализовано соединение узлов каждый с каждым.

2. Несвязанный режим. Для передачи сигнальной информации используется последовательно несколько сигнальных звеньев, а к организации сигнальной связи привлекаются транзитные пункты сигнализации.

3. Квазисвязанный режим. Это частный случай несвязанного, в котором

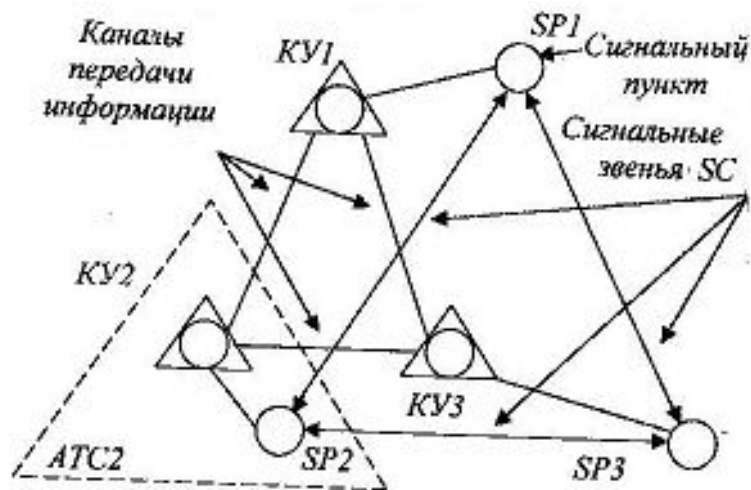


Рис. 6.5

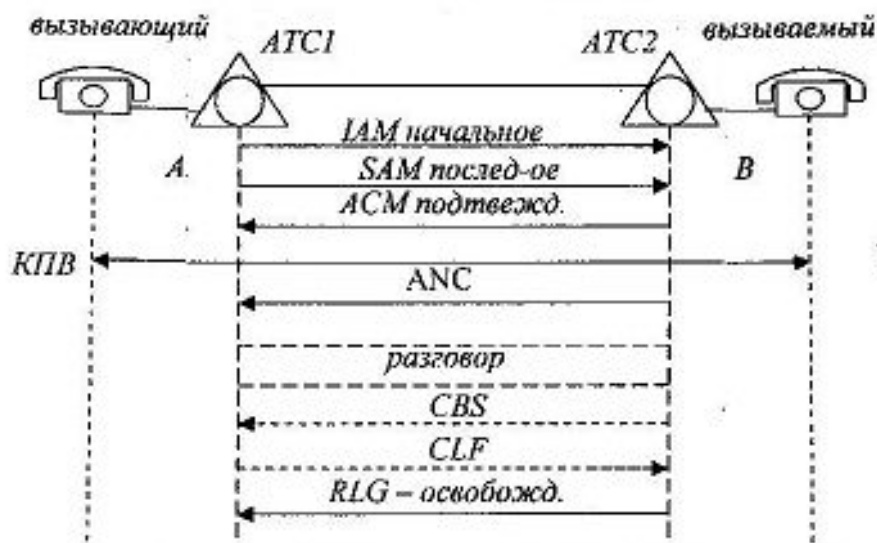


Рис. 6.6



Рис. 6.7

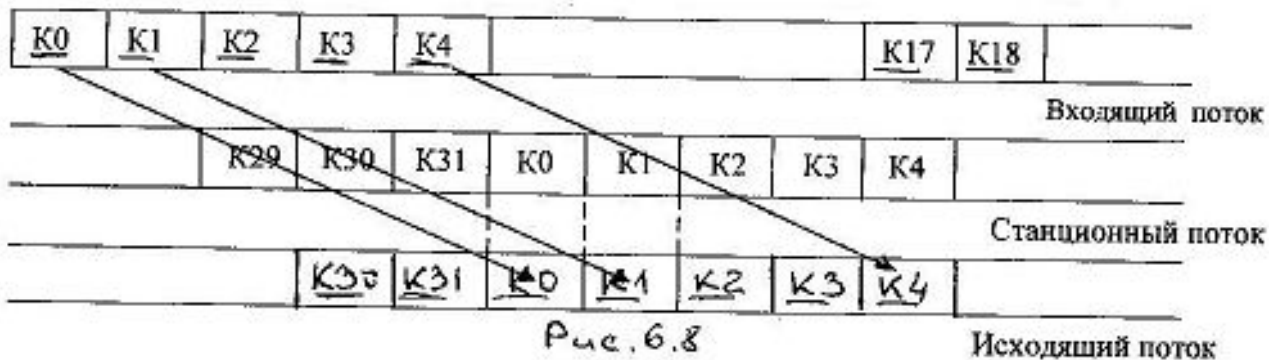


Рис. 6.8

Исходящий поток

путь передачи сигнальной информации назначен заранее.

Сеть ОКС 7 поддерживает только 1 и 3 режимы. Каждый пункт сигнализации использует таблицу маршрутизации, чтобы выбрать соответствующий маршрут сигнализации для каждого сообщения.

В сети ОКС 7 информация передается с помощью пакетов - сигнальных единиц- SU. SU состоит из поля сигнальной информации.- SIF и других полей, в которых содержится информация для управления передачей сообщения, в том числе порядковый номер SU, индикатор длины сообщения LI.

Различают три типа SU:

1. значащая сигнальная единица – MSU, используется для передачи сигнальной информации;
2. сигнальная единица состояния звена LSSU, которая используется для контроля состояния звена. В таких SU вместо поля сигнальной информации передается поле состояния SF, которое используется для контроля ошибок звена;
3. заполняющая сигнальная единица FISU, которая используется для фазирования (синхронизации звена при отсутствии сигнального трафика). В таких SU поля SIF нет совсем.

При установлении соединения происходит обмен сигнальными сообщениями между сигнальными пунктами вызывающего и вызываемого абонентов в следующей последовательности

IAM – начальное адресное сообщение, служит для соединения с АТС вызываемого абонента.

SAM – последующее адресное сообщение, в нем передаются цифры номера абонента не вошедшие в сообщение.

ACM – полное адресное сообщение, служит:

1. для подтверждения того, что все цифры приняты;
2. для передачи информации о состоянии абонента (возможно ли соединение).

После отправки этого сообщения станция подключает вызывной сигнал вызываемому абоненту и сигнал посылки вызова вызывающего.

ANC – сигнал ответа и сигнал тарификации, посылается после снятия трубки вызыв-го абонента, служит для начала тарификации.

КПВ - контроль посылки вызова.

CBS – отбой абонента В.

CLF – отбой абонента А.

RLA – освобождение канала.

Приведенный обмен сообщениями показан на рис. 6.6. в виде графической схемы.

Из примера ясно, что управлением соединением осуществляется передачей пакетов по цифровой сети ОКС 7 с коммутацией пакетов. Это и определяет перспективы ОКС 7 в плане стыковки с сетями пакетной передачи информации. Сети мобильной связи тоже используют ОКС 7.

## **6.2. Синхронизация в цифровых системах**

Необходимым условием обеспечения правильной работы коммутационных систем является жесткая синхронизация сигналов, приходящих на входы, по час-



тоте и по фазе [4]. Если синхронизация по частоте обеспечивается подачей на все передатчики-формирователи группового сигнала синхроимпульсов от одного (общего) тактового генератора, синхронизация по фазе может быть нарушена задержкой в схемах обработки или при распространении сигнала в линии передачи. Поэтому перед входом в коммутатор необходимо восстановить синхронизацию по фазе. Для этого в комплекты цифровых соединительных линий АТС включают схемы восстановления синхронизации, а в нулевом канале (K0) каждой ИКМ линии всегда записывается сигнал синхронизации - число 10011011 (155 десятичное). Анализ информации на приемном конце позволяет выявить этот канал и организовать синхронизацию по нему.

Суть восстановления синхронизации - задержка по времени сигналов потока, пришедших раньше, чем надо. Упрощенная схема устройства восстановления синхронизации приведена на рис. 6. 7. Она аналогична рассмотренной ранее схеме временного ИКМ коммутатора с памятью. В этой схеме запись в память информации, поступающей по входящей линии, осуществляется по порядку каналов входящей линии - из K0 в 0-ю ячейку памяти, из K1 в 1-ю, из K2 во 2-ю и т.д. Чтение из 0-ой ячейки (информация, передаваемая в K0 входящего потока) осуществляется во время K0 стационарного потока, т.к. адрес чтения берется со счетчика каналов стационарного потока. Чтение из первой ячейки памяти (информация, передаваемая в K1 входящего потока) идет во время K1 стационарного потока, т.к. адрес чтения берется со счетчика каналов стационарного потока и т.д. Таким образом, сигнал на выходе схемы повторяет сигнал входящего потока но сдвинут во времени так, что расположение каналов точно соответствует расположению каналов стационарного потока рис. 6.8.

Если объединенные в сеть АТС не синхронизированы, временной сдвиг входящего и стационарного потоков может быть нестабилен во времени. Поэтому даже при использовании рассмотренной схемы возможны искажения информации, называемые проскальзыванием. Если входящий поток имеет более высокую частоту синхронизации, чем частота синхронизации стационарного потока (скорость передачи выше скорости приема), часть информации будет теряться. Если частота синхронизации входящего потока, ниже, чем у стационарного потока (скорость передачи ниже скорости приема), иногда часть информации (целый цикл) будет считываться дважды. При телефонном разговоре проскальзывания почти не заметны. При передаче данных проскальзывание приводит к необходимости повторения передачи блока данных. Рекомендации G.811, G.822 предусматривают следующие нормы проскальзывания. Допустимо одно проскальзывание в течение

- 70 дней для международной цифровой сети,
- 7 дней для национальной сети,
- 12 часов для местной сети.

Для справки,  $70 \text{ дней} = 70 \times 24 \times 60 \times 60 = 60 \times 10^5 \text{ с} = 60 \times 10^{11} \text{ мкс}$ .

Считается, что для международных сетей необходимо иметь генератор со стабильностью порядка  $10^{-11}$  в течение 70 дней. Такую стабильность имеют только атомные цезиевые часы, которые и применяются в международных сетях. В национальных сетях используют более дешевые часы и синхронизацию узлов связи по методу ведущий - ведомый. Синхронизатор узла высшей степени обес-

печивает сигналами эталонной частоты другие узлы. Синхронизаторы всех узлов сети, кроме высшего, являются подстраиваемыми. В случае потери сигнала от ведущего генератора ведомый узел выбирает в качестве ведущего другой источник, либо использует собственный генератор в режиме независимой работы до восстановления связи с ведущим.

*Контрольные вопросы к разделу 6*

1. Отличие систем передачи импульсный пакет и импульсный челнок.
2. Какие ИКМ каналы используются для передачи регистровой сигнализации и сигналов синхронизации.
3. Как передаются сигналы регистровой сигнализации.
4. Какая скорость передачи информации в сигнальных звеньях сети ОКС 7?
5. Как называются пакеты, передаваемые в сети ОКС 7?
6. Чем отличаются SP и SSP, используемые в сетях ОКС 7?
7. Чем отличаются значащая и заполняющая сигнальные единицы в сети ОКС
8. Суть синхронизации ведущий – ведомый.
9. Когда возникают проскальзывания при синхронизации?

## **Раздел 7. Цифровая станция DX-220 (АТСЭ-220)**

### **7.1. Структурная схема станции**

АТС DX-220 разработана фирмой Нокия. Станция может быть использована в качестве опорно-транзитной, транзитной, в качестве коммутатора подвижной связи. Измененный вариант этой станции с переработанным программным обеспечением выпускался в СССР под маркой АТСЭ 220. Предельная емкость станции 40000 номеров. При использовании телефонных аппаратов с дисковыми номеронабирателями – 20000 абонентских линий. Структурная схема станции показана на рис. 7.1. В нее входят [5, 7] следующие части.

Абонентское оборудование. Коммутационное оборудование. Управляющее устройство. Станционные комплекты различного назначения.

Коммутационное оборудование станции состоит из коммутационного поля группового искания (КПГИ) и блоков абонентского искания (БАИ), которые подсоединены к КПГИ и к абонентским модулям ИКМ линиями. БАИ могут быть расположены непосредственно в стативах станции или в удаленных блоках – выносах, которые располагаются далеко от станции. К абонентским модулям (АМ) подключаются абонентские линии. АМ может быть расположен в стативе станции и может быть выносным и подключаться к станции по ИКМ линии через окончательный станционный комплект.

Управляющее устройство станции выполнено в виде сети ЭВМ, связанных по шине сообщений. Каждая из ЭВМ выполняет свои функции. ЭВМ маркера (М) управляет КПГИ. Блок линейной сигнализации (БЛС) обрабатывает сигналы регистровой сигнализации, приходящие в 16 каналах ИКМ линий. Блок регистра (БР) принимает сигналы набора номера от Блока приемников тонального набора (БПТН) или АМ и передает их в Блок маркера или в устройство управления блоком абонентского искания УУ БАИ.

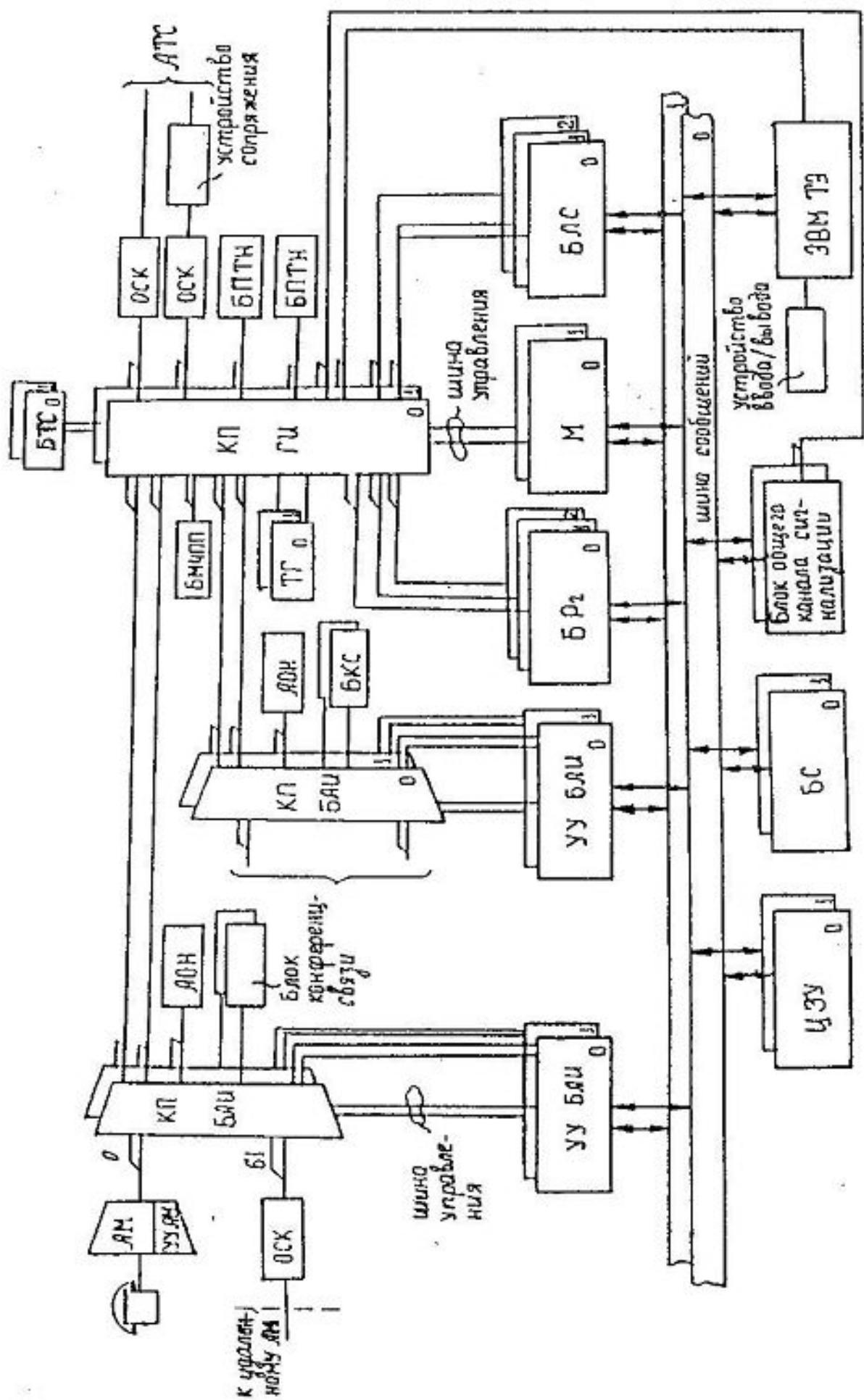


Рис. 7.1.

БС – микроЭВМ блока статистики, обеспечивает сбор информации о функционировании системы. ЦЗУ – микроЭВМ центрального запоминающего устройства. В ЦЗУ хранятся и файлы других ЭВМ, которые используются при перезапуске системы. Объем памяти ЦЗУ 1.2 Мбайт. Остальные ЭВМ системы обращаются к ЦЗУ и БС по шине сообщений

К стационарным комплектам относятся. Блоки многочастотных приемопередатчиков (БМПП), которые используются для приема и передачи многочастотной (регистровой) сигнализации. Блоки приемника тонального набора (БПТН), которые осуществляют прием сигналов тонального набора номера от абонентов. ОСК – оконечные стационарные комплекты, которые служат для сопряжения с соединительными цифровыми линиями. В составе: ОСК плата регенератора, осуществляющая восстановление цифровых сигналов и плата восстановления цикловой синхронизации (п.6.2), обеспечивающая возможность задержки поступающих сигналов не свыше 125 мкс в микросхеме памяти 64 байта. Если считывание происходит быстрее, чем запись, имеется возможность повторного считывания, если медленнее – осуществляется потеря (проскальзывание) цикла. БТС – блок тактовой синхронизации осуществляет выдачу сигналов синхронизации для всех устройств станции. Генератор тональных сигналов (ТГ) вырабатывает тональные сигналы, выдаваемые абонентам (ответ станции, занято, контроль посылки вызова). В составе станции есть блок автоматического определения номера (АОН), блок конференцсвязи (БКС) и другое оборудование.

## **7.2. Базовый коммутатор**

Коммутационное поле станции состоит из двух ступеней искания: блоков абонентского искания (АИ) и ступени группового искания (ГИ), которые выполнены на основе базовых коммутаторов - цифровых пространственно - временных коммутаторов с памятью аналогичных коммутатору, рассмотренному в п. 3.7. Базовый коммутатор рассчитан на подключение 32 входящих и 32 исходящих ИКМ линий. Упрощенная структурная схема базового коммутатора показана на рис. 7.2. Коммутатор состоит из информационной памяти (ИП) размером  $32 \times 32 = 1024$  ячеек по 8 бит, адресной памяти (АП), в которой хранится информация об установленных соединениях, блока сопряжения с устройством управления (БС), схем подключения линий к памяти (блок приема и блок передачи) и схемы синхронизации. Базовый коммутатор аналогичен рассмотренному в п. 3.7.

В ячейки информационной памяти записываются каналные сигналы всех 32 каналов всех 32 входящих линий. Сигналы в линиях, подключенных к коммутатору, соответствуют стандарту ИКМ 30/32 - в каждом из 32 каналов в последовательном коде передается 8 бит информации. Входящие линии подключаются к шине записи в память через схему (блок) приема информации, включающую преобразователи последовательного кода входящих линий в параллельный код шины записи в память и мультиплексор, предназначенный для последовательной выдачи сигналов всех 32 линий на шину записи в память. Сигналы с шины записи последовательно записываются в память в порядке возрастания номеров ячеек. Запись информации в каждую ячейку производится 1 раз за 1 ИКМ цикл. Исходящие линии подключаются к линии чтения из памяти через блок передачи, состоящий из демультимплексора и преобразователей из параллельного кода в пос-

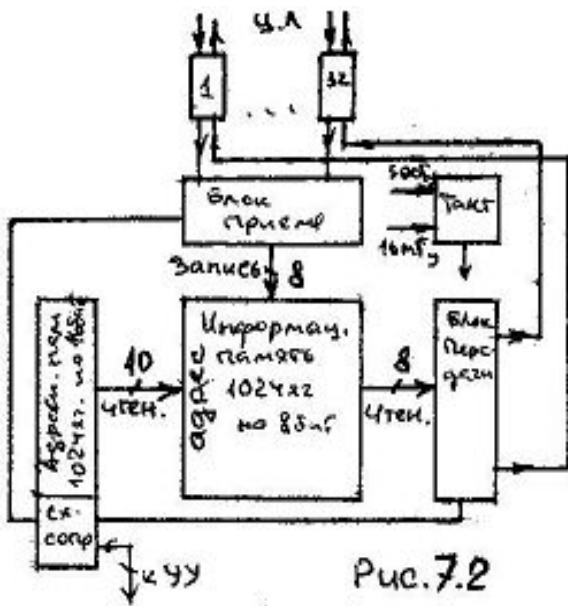


Рис. 7.2

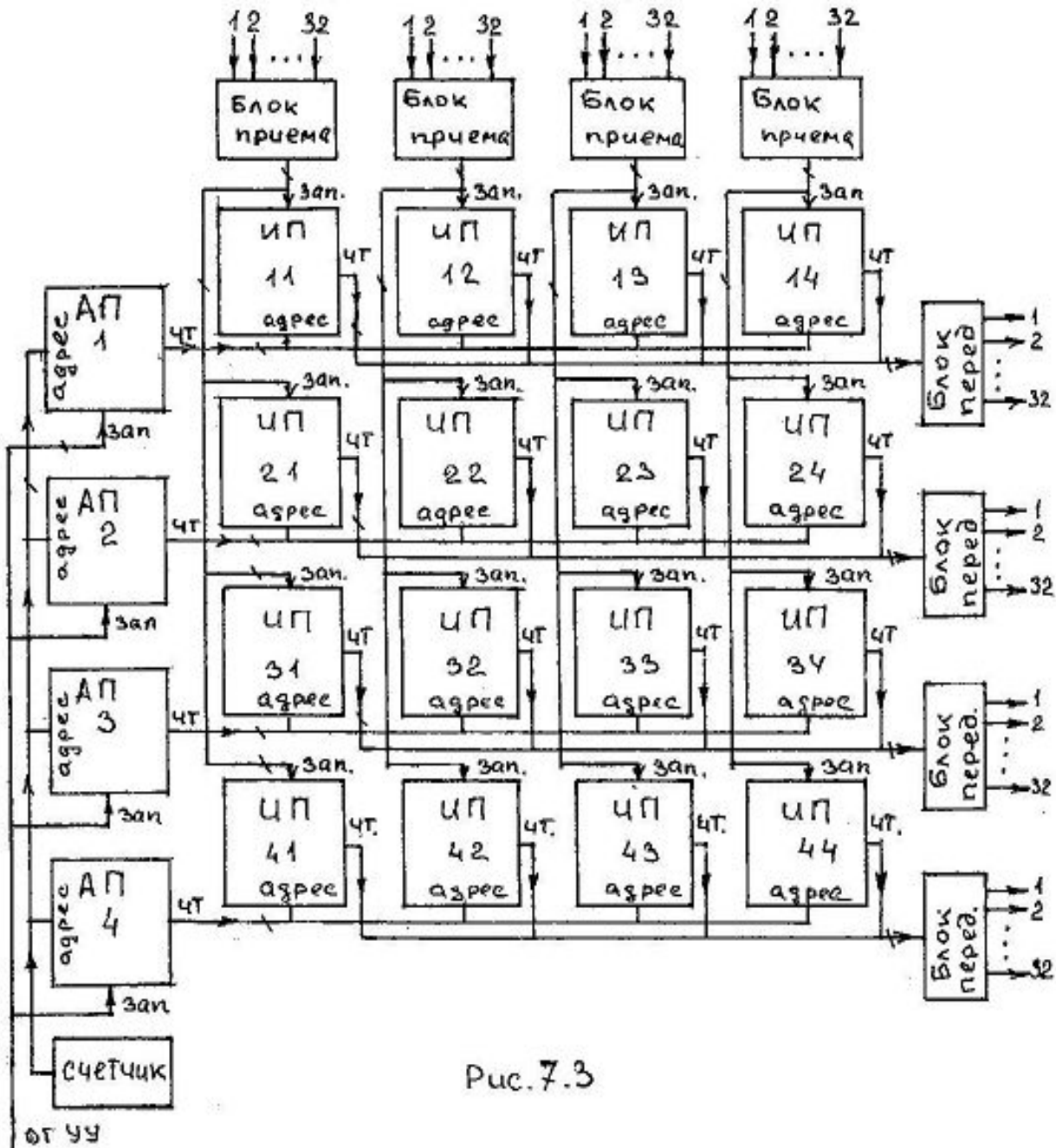


Рис. 7.3

ледовательный. Сигналы с шины чтения последовательно распределяются де-мультиплексором по исходящим линиям.

Каждый канальный сигнал занимает в шине записи в память промежутки времени равный  $1/32$  канального интервала (0.12 мкс), который называется тайм - слотом. Каждому тайм - слоту соответствует конкретный канал конкретной линии. Порядок считывания информации из памяти в шину чтения определяется схемой управления.

Основой схемы управления является адресная память. В ячейку этой памяти в режиме установления соединений УУ через схему сопряжения записывается адрес ячейки информационной памяти, из которой нужно брать информацию для передачи в конкретных каналах исходящих линий.

При работе коммутатора в режиме передачи информации шина данных адресной памяти используется как шина адреса чтения из адресной памяти. Другими словами, содержимое ячейки адресной памяти используется как адрес чтения из информационной памяти. Поэтому в каждый тайм-слот на шину чтения информационной памяти считывается информация из ячейки ИП, адрес которой в этот промежуток времени выставлен на шину адреса информационной памяти.

В информационной памяти  $1024 = 2(10)$  ячеек, поэтому в шине адреса информационной памяти 10 проводов, а каждая ячейка АП имеет емкость 2 байта. Число ячеек адресной памяти тоже, что и у ИП.

При разъединении УУ через схему сопряжения записывает в ячейку адресной памяти адрес канала, по которому передается сигнал генератора тональных сигналов, указывающего на освобождение временного интервала. Каждое направление разъединяется отдельно, поэтому в трубке становится слышен сигнал разъединения (занято).

### **7.3. Ступени коммутационной системы станции**

В зависимости от назначения и комплектации станции общий размер коммутационной системы станции может быть различным. Как правило, как ступень абонентского искания (SSW), так и ступень группового искания (GSW) состоят более, чем из одного коммутатора  $32 \times 32$  линий.

Структурная схема коммутационного поля  $(n \times 32) \times (n \times 32)$  ИКМ линий, построенного на основе коммутаторов с памятью  $32 \times 32$ , показана на рис. 7.3. (для  $n = 4$ ). Она состоит из информационных памятей, блоков приема информации и блоков передачи информации таких же, как у базового коммутатора. В схеме имеются  $(n) \times (n) = 16$  адресных памятей, таких же, как у базового коммутатора.

Также, как у базового коммутатора, сигналы 32 ИКМ линий в блоке приемника переводятся из последовательного кода в параллельный и мультиплексируются в 8 разрядную шину записи в информационные памяти. В этом коммутаторе сигналы с выходной шины одного блока приема записываются не в одну, а параллельно в  $n$  памятей одного «столбца» информационных памятей. Сигналы других блоков приема записываются в памяти других столбцов. Шины чтения из памятей каждой строки памятей соединены параллельно и подключены к соответствующему блоку передачи. Шины чтения каждой из адресных памятей, как и в базовом коммутаторе, подсоединены к шинам адреса чтения из информационных памятей одной строки. Вспомним, в базовом коммутаторе ( $32 \times 32$  линии) у каждой ин-

формационной памяти 10 - разрядная шина адреса, поэтому в ячейки адресной памяти базового коммутатора записываются 10 -разрядные числа. В рассматриваемой схеме в 2 байтные ячейки адресной памяти кроме адреса чтения из микросхемы памяти записывается и номер микросхемы информационной памяти в строке, из которой необходимо читать информацию. Т.о. любой сигнал с любой входящей линии может быть переписан в любую исходящую линию, значит, рассматриваемый коммутатор является полностью доступным. Управление коммутацией осуществляется управляющей ЭВМ, которая в процессе установления соединения записывает в ячейку АП адрес ячейки ИП, из которой д.б. считана информация в конкретный момент времени, а номер ИП.

Ступень группового искания (GSW) - одноступенчатый полностью доступный коммутационный блок (любому входу доступен любой выход), построенный по рассматриваемой схеме. Его емкость м.б. в пределах от 32 до 256 цифровых линий ( $n = 1 \dots 8$ ) в зависимости от емкости АТС. Нарращивание осуществляется по 32 линии. Типовые комплекты – на 128, 192 и 256 цифровых линий. Работа ступени ГИ управляется ЭВМ маркера.

Коммутационное поле БАИ (SSW) построено по упрощенной схеме. Структурная схема блока БАИ на 96 ИКМ линий показана на рис. 7.4. В ней только одна строка и один столбец информационных памятей. Схемы адресных памятей такие же, как у ступени группового искания.

Цифровые линии, подключенные к угловому блоку приема и к блоку передатчика, это линии выхода блока АИ. Они подключаются к ступени ГИ. Входящие линии 1...64 - линии первых двух блоков приема на схеме и исходящие линии 33 ... 96 (2-го и 3-го блоков передачи) подключаются к АМ. Т.о., рассматриваемый блок АИ имеет 64 двояных линии, подключаемых к АМ и 32 линии, подключаемых к ГИ. Другими словами, в рассматриваемом блоке АИ осуществляется концентрация нагрузки 64 линий на 32 выходные линии. Рассматриваемая схема не является полностью доступной т.к. сигналы от АЛ, подключенных к нему, не могут быть выданы на исходящие линии, подключаемые к АМ. Как следствие, внутри блока АИ не м.б. выполнена коммутация своей нагрузки - соединение абонентов, подключенных к абонентским модулям данного блока АИ. Все соединения выполняются внутри блока ГИ.

Абонентская ступень обычно представляет собой кассету с платами, которая рассчитана либо на 64 либо на 96 ИКМ линий. Работой абонентской ступени управляет ЭВМ обработки абонентской сигнализации SSU (устройство управления БАИ). Для повышения надежности системы КП ступени АИ, УУ БАИ, КП ступени ГИ и ЭВМ маркера дублируются по принципу “горячего резерва”. Информация об устанавливаемом соединении поступает одновременно в памяти основной и дублирующей ЭВМ. Активные микро ЭВМ обеспечивают выход на шину управления КП.

#### **7.4. Абонентские модули**

Аналоговые абонентские линии подключаются к коммутационной системе станции через абонентские модули (АМ, SUB). Структурная схема АМ показана на рис. 7.5. Модуль состоит из 4 блоков абонентских комплектов, кодека, блока концентрации и устройства управления (УУ - SSP).

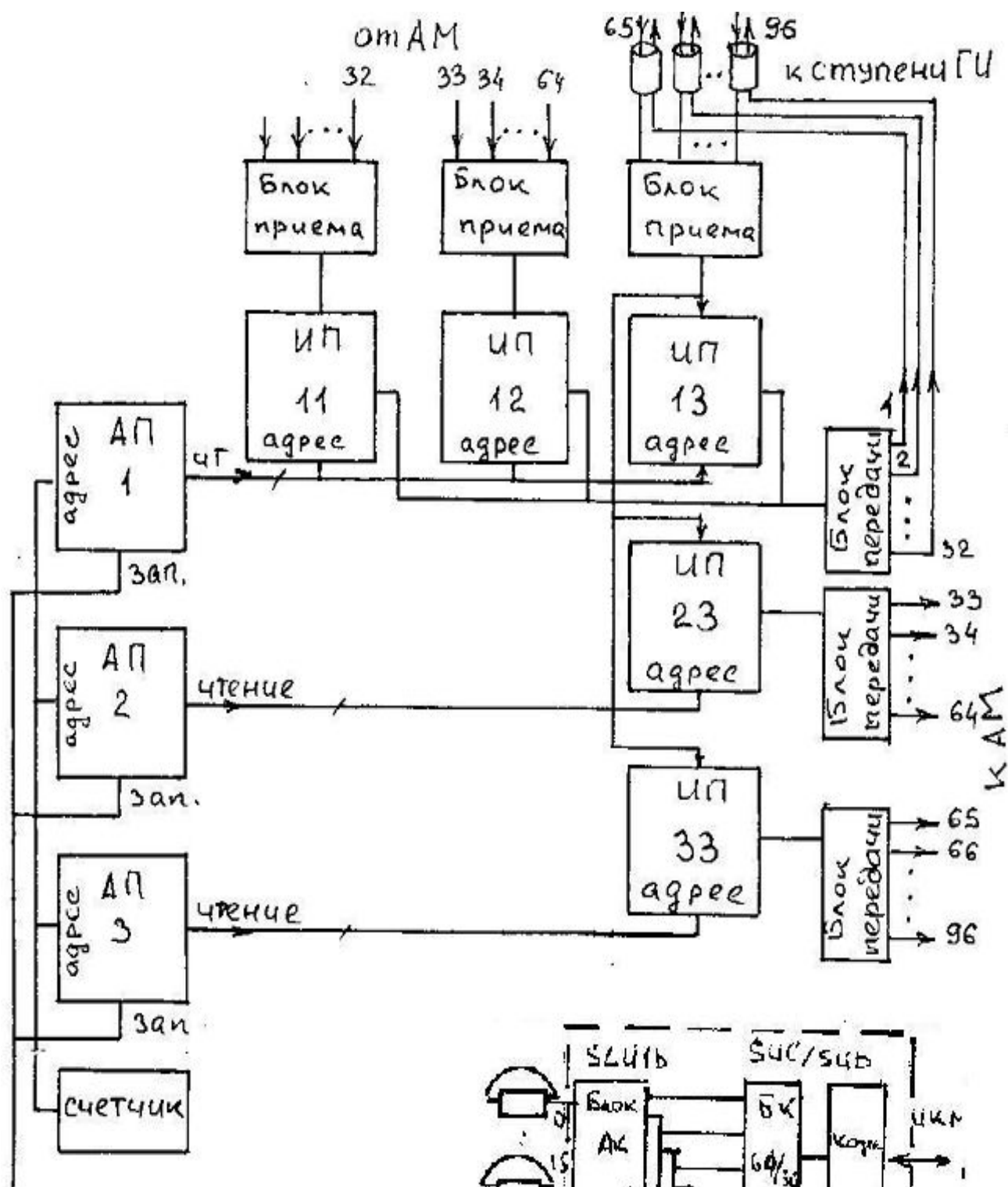


Рис. 7.4

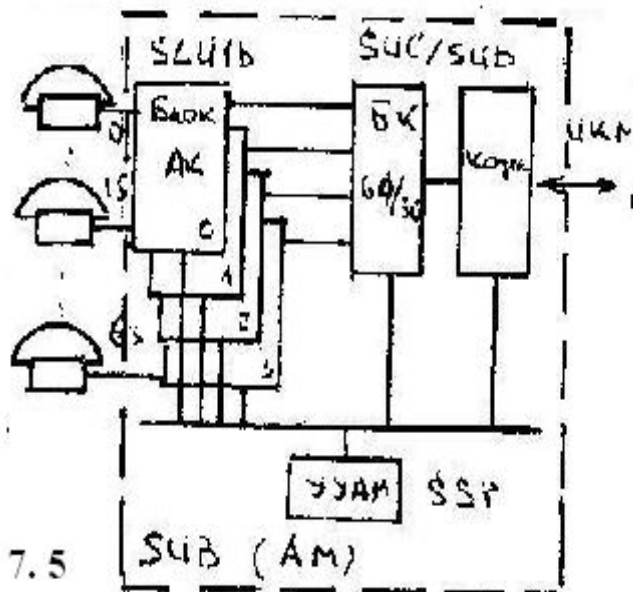


Рис. 7.5



В системе предусмотрено 2 типа блоков абонентских комплектов - блок стандартных абонентских комплектов SLU - 16 на 16 абонентов и SLU -8 на 8 абонентов с дополнительными функциями для таксофона (передача тарифных импульсов, переполюсовка питания, регулировка уровня сигнала).

АМ выполняет следующие основные функции:

- согласование двухпроводной АЛ с четырехпроводным оборудованием станции, подачу абонентского питания,
- предварительную концентрацию нагрузки от 64 абонентов в 30 телефонных каналах ИКМ линии,
- аналого-цифровое преобразование речевых сигналов,
- прием сигналов от абонента (занятие, набор номера, отбой),
- передача сигналов абоненту (вызывной сигнал, тарифные импульсы),
- фиксацию данных о стадии соединения,
- управление испытательными соединениями,
- контроль работы АМ со стороны ЭВМ ТЭ,
- поиск свободных АЛ серийного включения.

Структурная схема одного из абонентских комплектов блока SLU - 16 показана на рис. 7.6. Каждая абонентская линия через контакты реле посылки вызывного сигнала подключается к дифференциальной схеме, обеспечивающей переход от симметричной двухпроводной АЛ к стационарной 4-х проводной линии и подачу питания на телефонный аппарат с моста питания. Тракты 4-х проводной линии подключаются к кодеру и декодеру АМ через фильтры. Состояние каждой АЛ контролируется электронной схемой по напряжению, снимаемому с резисторов моста питания. Результаты контроля 8 абонентских линий поступают на входы мультиплексора, опрос которого осуществляется УУ АМ (SSP). Информация о состоянии АЛ считывается в SSP через каждые 2 мс.

Вызывной сигнал для восьми АЛ подается с моста питания вызывного сигнала через контакты тестового реле и реле подачи вызывного сигнала. Реле подачи вызывного сигнала восьми АК включаются через демультиплексор по команде УУ АМ.

Детектор RING - TRIP - (детектор поднятия трубки абонентом во время посылки вызова). С его выхода информация поступает в SSP, которое возвращает реле посылки вызывного сигнала контроля состояния АЛ получает подтверждение об ответе абонента.

При тестировании линии SSP подключает выбранную АЛ к тестовой линии (LTEST) одновременной подачей команд на включение реле посылки вызывного сигнала и тестового реле.

При тестировании контролируются:

- посторонние напряжения постоянного и переменного тока на проводах АЛ,
- сопротивление утечки между проводами,
- емкость между проводами.

Структурная схема концентратора с устройством управления показана на рис. 7.7. Речевые сигналы от 64 АЛ с абонентских плат поступают на концентратор, в котором производится дискретизация и размещение сигналов в 30 времен-

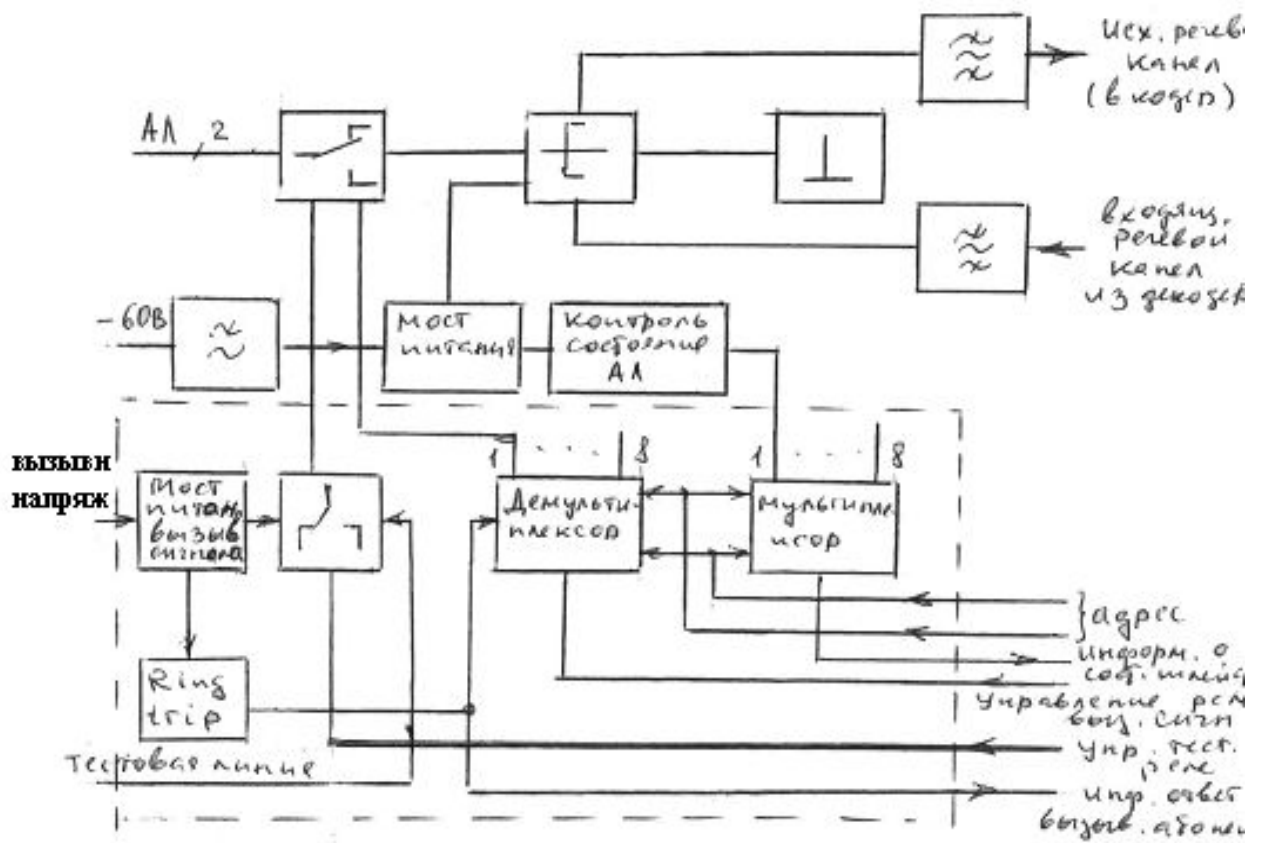


Рис. 7.6

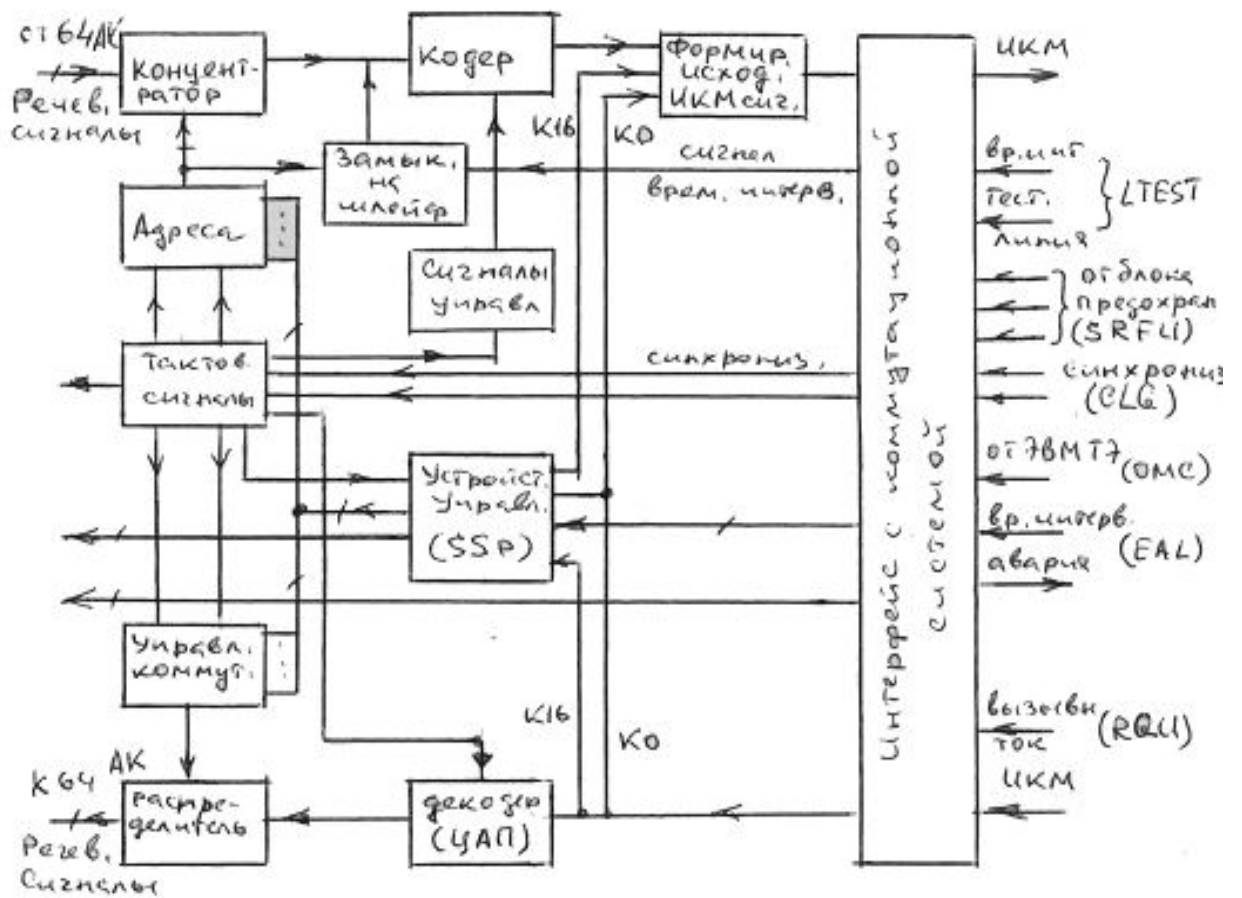


Рис. 7.7

ных канальных интервалах. На выходе концентратора линия с временным разделением на 32 канала и амплитудно - импульсной модуляцией (ВРК АИМ).

Эта последовательность сигналов оцифровывается в кодере и дополняется сигналами синхронизации (К 0) и сигнализации (К 16) от устройства управления в формирователе исходящего ИКМ сигнала и выдается в исходящую ИКМ линию.

К схеме кодирования подключен выход схемы замыкания на шлейф, с помощью которой в процессе испытаний, проводимых в период технической эксплуатации возможен "заворот" выбранного канала с выхода декодера.

Из сигналов входящей ИКМ линии (внизу на схеме рис. 7.7) выделяются коды синхронизации (К0) и сигнализации (К16), которые поступают в УУ АМ. Остальные сигналы подаются на декодер (ЦАП), который преобразует импульсы в отсчеты. В распределителе отсчеты сигналов 30 каналов распределяются по 64 АК абонентских линий.

УУ АМ (SSP) управляет работой концентратора и абонентских комплектов модуля. Оно следит за состоянием АЛ (Supervision) и принимает сигналы импульсного набора от телефонных аппаратов абонентов.

### **7.5. Управляющее устройство**

Управление станцией осуществляется системой микро ЭВМ, связанных по общей шине DMC. Все микро ЭВМ имеют следующие основные блоки:

- Центральный процессор (ЦП, CPU - 86). Представляет собой 16-разрядный процессорный блок, построенный на основе микропроцессора 8086 . Он имеет устройство сопряжения с шиной DMC, которая содержит 21 - разрядную шину адреса (адресное пространство - 2 Мбайт), 16 линий прерывания с заданным направлением в область памяти, 8 программируемых таймеров, 8-разрядные порты ввода и вывода, 2-канальную систему управления шиной, схему автоматического повторного запуска блока ЦП.

- Программируемое постоянное ЗУ (PROM) с ультрафиолетовым стиранием. В ЗУ записывается программа работы ЭВМ.

- Динамическое ЗУ с произвольной выборкой - оперативная память (RAM).

- Плата проверки микро ЭВМ (ПП, CON). В каждой ЭВМ оставлено для нее место. Содержит 2 разъема для подключения дисплеев, световые индикаторы наблюдения за работой, схему прерывания, индикатор повторного запуска.

Кроме основных блоков, каждая ЭВМ имеет специальные блоки для решения конкретных задач.

Структурная схема ЭВМ управления абонентской ступенью коммутации показана на рис. 7.8. Она включает 2 блока обмена сообщениями (БОС - ASS) для управления работой АМ и АОН; устройства сопряжения с коммутационным полем (SWIF, SWIST, MPTL), предназначенные для управления абонентской ступенью коммутации, комплект конференц - связи (ККС-CNFC). Через блок сопряжения с коммутационным полем УУ записывает в адресные ЗУ коммутаторов таблицу коммутации. Содержимое адресного ЗУ можно прочитать с помощью этого блока (схема контроля коммутационного поля).

Блок SWIST проверяет соединения в КП, либо передавая через КП контрольное слово, либо сравнивая информацию, принимаемую и передаваемую через КП.

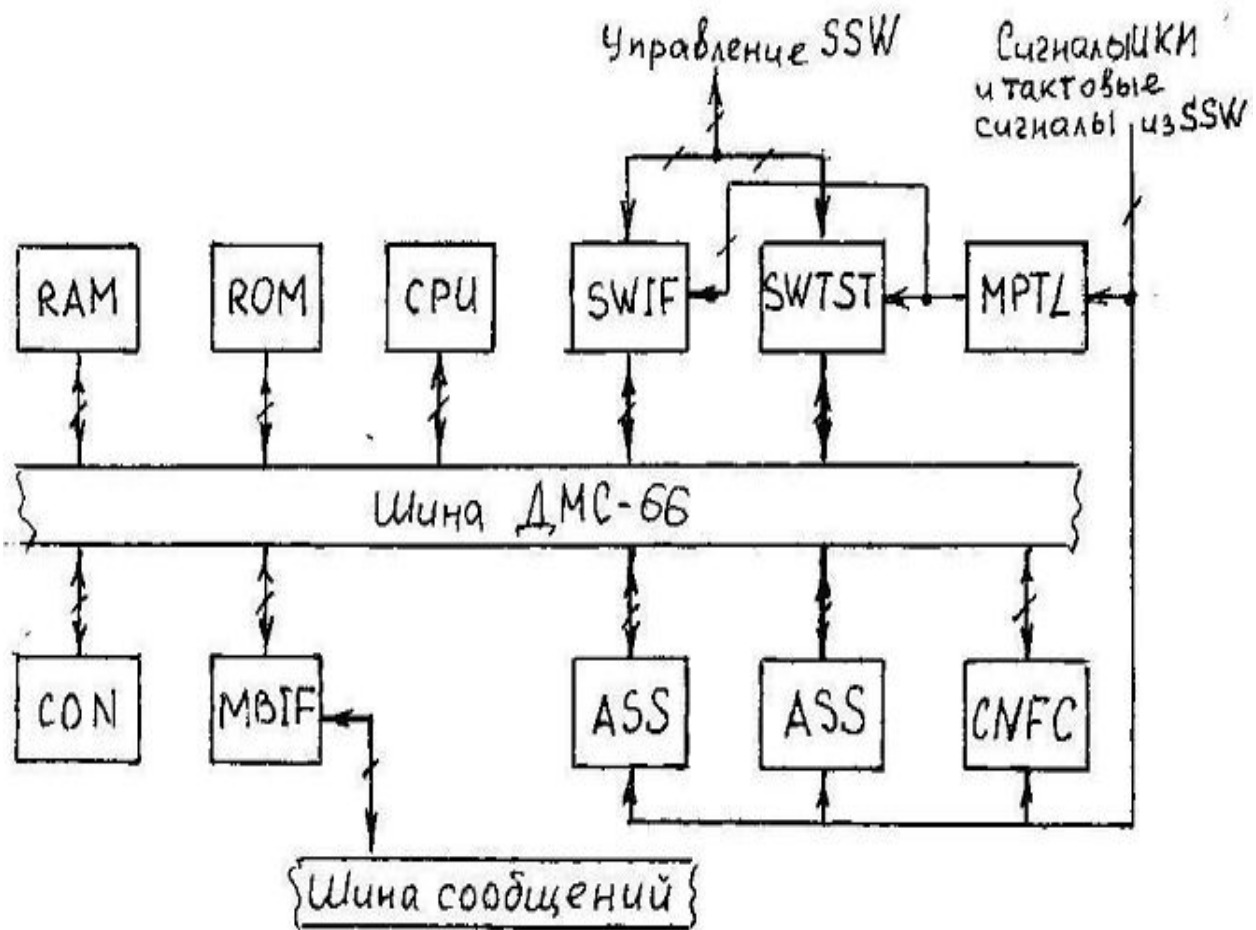


Рис. 7.8.

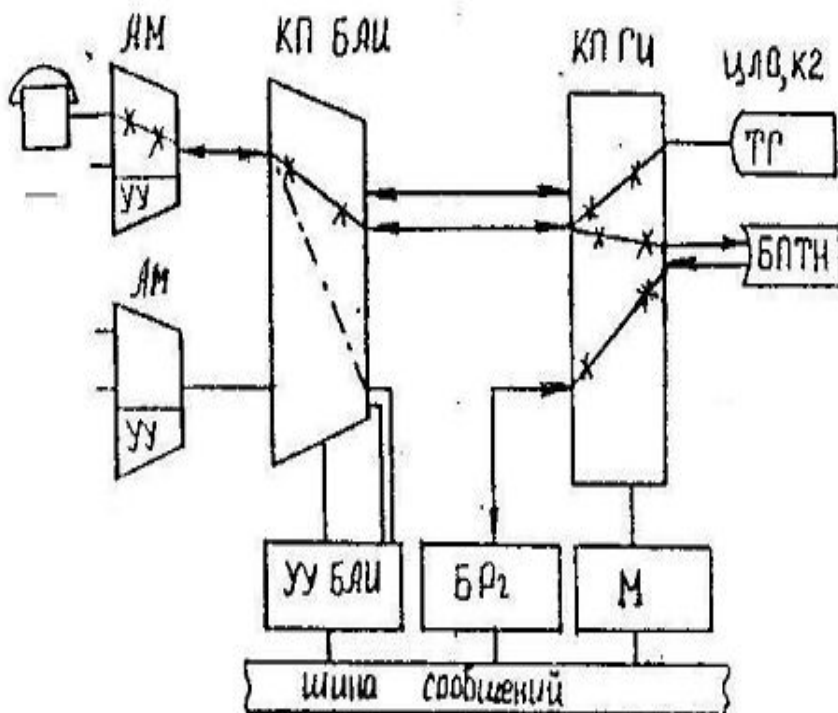


Рис. 7.9

Блок формирования синхроимпульсов MPTL выдает импульсные тактовые сигналы системы тактовой синхронизации с частотой 500 Гц и 16 МГц.

В ЭВМ маркера включены блоки управления коммутационной системой SWIF, SWIST, MPTL. В кассете ЭВМ маркера находится также система тактовой синхронизации и генератор тональных сигналов TG.

У ЭВМ линейной сигнализации (LSU) кроме основных блоков и устройства сопряжения с шиной сообщений имеются 4 интерфейса линейной сигнализации (LSA), каждый из которых управляет поканальной сигнализацией 4-х соединительных линий ИКМ. LSA состоит из процессора линейной сигнализации (ПЛС - LSP) и оконечного устройства линейной сигнализации. (ОУС - LST). Это устройство принимает и обрабатывает информацию сигнализации и записывает данные в буферные ЗУ, обеспечивает сверхцикловую синхронизацию по обслуживаемым соединительным линиям и передает на соединительные линии сверхцикловой синхросигнал. Всего одна ЭВМ обслуживает 16 соединительных линий ИКМ. Если к станции подключено более 16 ИКМ линий, используется несколько ЭВМ линейной сигнализации.

ЭВМ ТЭ (ОМС) построена по той же схеме, что и остальные. Кроме основных блоков она содержит специфические блоки, предназначенные для контроля и управления оборудованием станции. Это блок обмена сообщениями ASS, устройство подключения блоков цикловой синхронизации AFS, блоки аварийной сигнализации ALL, блок ручного управления (РУ - MCU), блок предварительной обработки сигнализации ОКС-7 - AS-7. В отдельных случаях ОМС комплектуется устройством управления прямым доступом к памяти и накопителями на гибких дисках DMAFC, последовательными интерфейсами SERO (для подключения дисплея и печати), усилителями шины DMC 86 (BEXT), блоком сопряжения с накопителем на магнитной ленте (TAPI).

ЭВМ технической эксплуатации подключается к системе управления станцией через шину сообщений. Взаимодействие ЭВМ ТЭ с микро ЭВМ системы обеспечивается путем передачи данных в виде сообщений. Таким путем осуществляется, например, загрузка данных в память ЭВМ. Через платы AFS она также подключается к цифровым линиям коммутационного поля группового искания. Через эти линии организуется связь с платами LTEST в блоке абонентского искания, осуществляющими измерение параметров абонентских линий. Продолжительность одного измерения составляет 12с и производится по команде оператора или в соответствии с графиком. Через эти линии обеспечивается и постоянный контроль оконечных станционных комплектов. Каналы К0 всех ОСК подключаются через плату AFS к ЭВМ ТЭ. По ним передается информация об аварийных сигналах дальнего и ближнего концов связи, сведения о потере синхронизма и превышении допустимой величины вероятности ошибок.

Блок аварийной сигнализации (ALL) подключается к (ОМС) через шину сообщений. Он обеспечивает подключение к ЭВМ ТЭ до 48 специальных линий передачи аварийных сигналов. В блоке имеется также 8 выходов, которые соединяются с внешней системой сбора аварийных сигналов и находятся под управлением ОМС. Блок содержит 2 схемы управления переключением активных блоков станции в резерв и наоборот. Блок сообщает устройствам, подключенным к дуб-

лированным ступеням коммутации об активности одной из них. Сообщение о переключении передается блоком ALL в дублированные устройства сопряжения с линиями сообщений. Посредством блока РУ (MCU) можно проводить принудительное управление переключением подблоков в нужное состояние (работа - резерв). Через блок ОКС -7 (AS-7) ЭВМ ТЭ соединяется с централизованным оборудованием технической эксплуатации сети.

### **7.6. Система технической эксплуатации**

Задачи системы технической эксплуатации.

Обслуживание абонентов (управление абонентскими данными и дополнительными услугами, изменение маршрута установления соединения, контроль телетрафика, управление учетом стоимости предоставления связи и др.).

Реализация технического обслуживания. Система технического обслуживания реализуется четырьмя подсистемами: контроля, аварийной сигнализации, восстановления рабочих конфигураций, поиска неисправностей.

Возможность технического обслуживания и устранения неисправностей заложена при проектировании станции резервированием оборудования. Все ЭВМ резервированы, коммутационные поля - тоже. В группе МЧПП может быть исправно до 2/3 блоков, и система сохраняет работоспособность. Персонал может изменять состояние блоков вручную, от плат AAL и MCU, может перезапускать отдельные ЭВМ и все сразу. Эти переключения не рекомендуются. Они проводятся только в экстренных случаях. Более 95 % неисправностей обнаруживаются системой автоматически с выводом информации на дисплей. Для этого ЭВМ ТЭ постоянно осуществляет контроль наличия без отбойных и не занимаемых линий, наличия плат оборудования на рабочих местах, оценку продолжительности занятия вызовов временных каналов, контроль за количеством тарифных импульсов в сторону абонентских линий, контроль ОСК.

Аварийные сообщения, выдаваемые на терминал ТЭ для обслуживающего персонала, отмечаются знаком категории. Сообщения, требующие немедленного вмешательства, помечаются знаком XXX. Для сообщений со знаком XX допускается задержка вмешательства, но не более суток. Если неисправность устраняется самой станцией, информация о ней помечается знаком X. Большая часть аварийных сообщений вообще не помечается знаком категории.

Для обеспечения взаимодействия оператора с ЭВМ ТЭ в АТСЭ - 200 используется язык MML. Директивы языка объединены в 12 классов по принципу воздействия и характеру выполняемых функций. Общее число директив - около 200. В языке MML реализована возможность просмотра меню после ввода любой директивы или ее части. Это позволяет сориентироваться, какую букву директивы нужно набирать следующей. Ввод знака вопроса позволяет получить подсказку и при вводе числовых данных.

### **7.7. Общие принципы построения программного обеспечения**

Программное обеспечение АТСЭ - 200 состоит из постоянной и полупостоянной частей. Постоянная часть не зависит от параметров АТС. В нее входит комплекс программ, обеспечивающих процесс обслуживания вызовов и ТЭ АТС. Кроме того, в нее входят и массивы данных, отражающие структуру отдельных блоков АТС. Полупостоянная часть - индивидуальна для каждой конкретной АТС

и зависит от назначения станции, емкости, места в сети и т. д. Имеется 3 группы программ постоянной части:

- 1 группа - 6 программ предварительной обработки сигнализации;
- 2 группа - 21 программа принятия решений в процессе обслуживания вызовов;
- 3 группа - 68 программ, реализующих функции технической эксплуатации.

Весь процесс обслуживания вызовов в АТСЭ разделен на ряд отдельных функционально самостоятельных процессов, в реализации каждого из которых участвуют программы только одного УУ. Процессы протекают в реальном масштабе времени и могут находиться в одном из трех состояний (ожидание, готовность к выполнению и выполнение). Процесс абонентской сигнализации (SU BSIG) реализуется устройством управления блока АИ.

### **7.8. Последовательность установления соединения**

Поступление вызова от абонента А фиксируется в УУ АМ и информация об этом передается по временному каналу с номером К16 в микро ЭВМ УУБАИ (SSU), где будет храниться информация о вызове и данные тарификации рис.7.9. Из УУБАИ в микро ЭВМ по шине передается запрос о свободном регистре. После ответа на этот запрос формируется сообщение «запуск» для микро ЭВМ блока регистров, к абонентской линии подключается сигнал «ответ станции» от ТГ. При наборе абонентом номера в импульсном наборе УУ АМ принимает его. Поступление очередной цифры отмечается посылкой сообщения «набор номера» в УУ БАИ (SSU) и далее по шине сообщений в ЭВМ блока регистров. Если абонент набирает номер в тональном наборе, его линия подключается к БПТН. По окончании набора БПТН передает номер через коммутационное поле ЭВМ блока регистров. Процесс маршрутизации, то есть поиска направления связи по выбранному номеру выполняется ЭВМ блока регистров на основании данных из микро ЭВМ ЦЗУ. Конечной целью маршрутизации при исходящей связи является выбор направления и обращение к УУ БАИ вызываемого абонента по шине сообщений (или по соединительной линии к другой АТС), не занята ли линия вызываемого абонента. Далее выдается команда ЭВМ маркера на подключение сигнала «контроль посылки вызова» или «занято» от ТГ вызывающему абоненту и выдачу вызывного сигнала вызываемому абоненту. Двухстороннее соединение вызывающего и вызываемого абонентов осуществляется после поднятия трубки.

*Контрольные вопросы к разделу 7*

1. Из чего состоит структурная схема станции DX 220?
2. Какими линиями блок абонентского искания подключается к станции?
3. Чем отличаются структурные схемы ЭВМ маркера и ЭВМ устройства управления блока абонентского искания?
4. Тип коммутатора, используемого в станции DX 220.
5. Чем отличаются схемы коммутаторов ГИ и БАИ в станции DX 220?
6. Пояснить структуру абонентского комплекта станции.
7. Как обеспечивается высокая надежность станций DX 220?
8. Где осуществляется соединение абонентов, подключенных к одному абонентскому модулю?

## Раздел 8. Коммутационная система Алкатель 1000 S 12

### 8.1. Общие положения

Коммутационная система Алкатель 1000 S 12 - это цифровая коммутационная система большой емкости, которая широко используется в России. Разработка системы 12 начата в международной компании Integral Telephone and Telegraph Corporation (ИТТ) в 1976 году и закончена в 1985 году.

Система имеет модульную структуру [1, 4, 6] и может комплектоваться оборудованием в соответствии с поставленной задачей и назначением. Она состоит из цифрового коммутационного поля (ЦКП) и подключенных к нему терминальных модулей (ТМ) и системных модулей (СМ). Упрощенная структурная схема системы показана на рис. 8.1. В основе построения используется концепция распределенного управления, которая практически исключает возможность полного отказа системы. На основе комплекса аппаратных и программных средств системы 12 могут строиться станции различного назначения и размера: от нескольких десятков АЛ до и свыше 100 тыс. АЛ и 60 тыс. СЛ.

Весь комплекс аппаратных средств можно подразделить на три группы оборудования:

1. Терминальные модули (ТМ) – специализированные блоки, каждый из которых предназначен для обслуживания источников нагрузки (терминалов) определенного типа. Все они состоят из терминальных комплектов (они разные у разных модулей) и терминальных устройств управления (ТУУ), которые одинаковы у всех ТМ и СМ и отличаются лишь программными средствами (ПС). Процессоры ТУУ осуществляют управление цифровым коммутационным полем при установлении соединений. Станция не имеет центрального управляющего устройства.

Используются следующие ТМ:

- Аналоговых абонентских линий (ТМААЛ)
- Аналоговых соединительных линий (ТМААСЛ)
- Цифровых абонентских линий (ТМЦАЛ)
- Цифровых абонентских соединительных линий (ТМЦСЛ)
- Концентраторов (ТМК)
- Оператора (ТМО)
- Интегральных абонентских линий (ТМИАЛ)
- Интегральных абонентских соединительных линий (ТМИСЛ)
- Общих каналов сигнализации (ТМОКС).

2. Системные модули (СМ) – специализированные блоки для выполнения функций, общих для группы модулей или всей станции.

Используются следующие СМ.

- Модули частотных приемопередатчиков (МЧПП)
- Модули синхросигналов и тональных частот (МСТЧ)
- Машинной периферии (ММП)
- Дополнительные управляющие устройства (ДУУ), например, устройство системы данных.



### 3. Цифровое коммутационное поле.

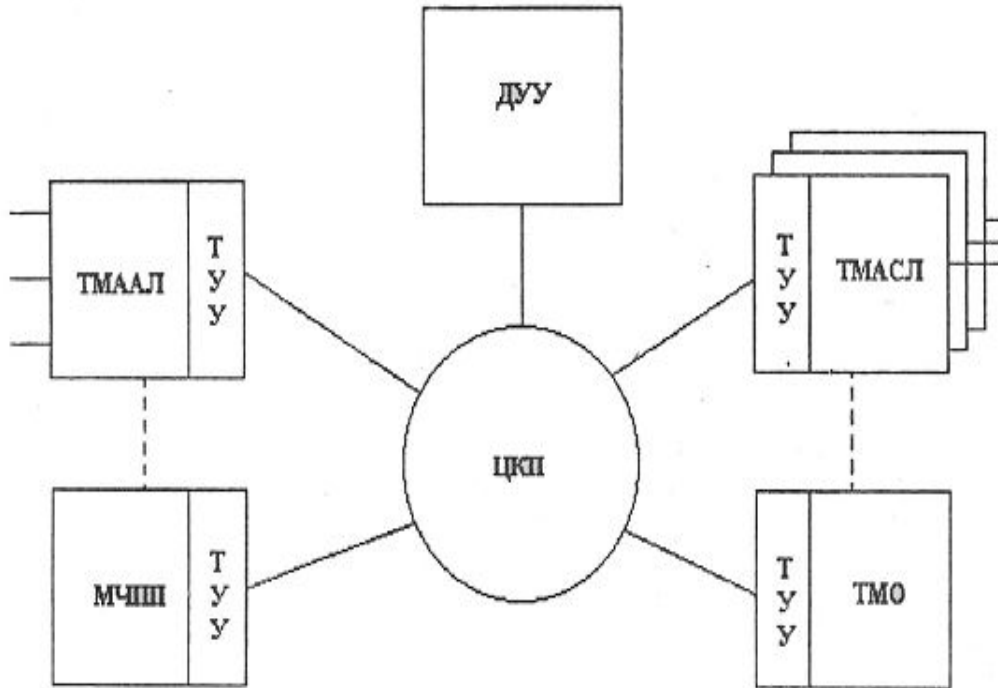


Рис. 8.1.

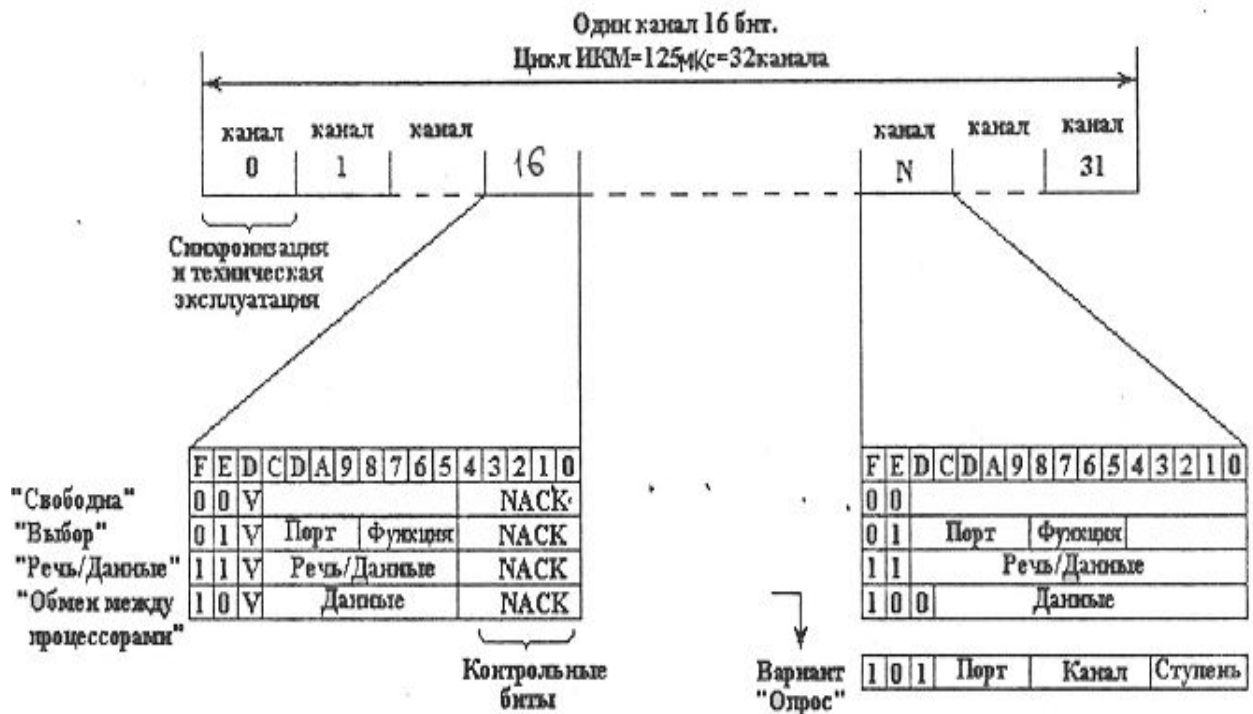


Рис. 8.2

Комплектация станции зависит от размера и назначения (транзитный узел, опорная станция).

### 8.2. Цифровое коммутационное поле

Структура цифрового коммутационного поля показана на рис. 5.12. Оно представляет собой соединение коммутаторов доступа и плоскостей – коммутаторов группового искания. Все эти коммутаторы состоят из одинаковых модулей

цифрового коммутационного поля (МЦКП). Количество модулей в поле зависит от размеров станции, но оно никак не может быть меньше одного МЦКП.

Модуль представляет собой цифровой пространственно-временной коммутатор с 16 портами. В каждый порт включаются входящая и исходящие линии (ВЦЛ и ИЦЛ), образующие двухсторонний ИКМ тракт, другими словами, к МЦКП подключается 16 ВЦЛ и 16 ИЦЛ, т.е. 16 двухсторонних ИКМ трактов. В каждой цифровой линии организуется 32 временных канала с циклом длительностью 125 мкс ( $f_{\text{дкр}}=8$  кГц). Причем 30 из 32 каналов линии используются для передачи информации. МЦКП позволяет производить коммутацию  $16 \times 30=480$  входящих каналов на 480 исходящих.

Сигналы в цифровых линиях коммутационного поля станции отличаются от сигналов в линиях ИКМ 30/32. В одном канале (длительность канала 3,9 мкс) передается не 8, как в ИКМ 30/32, а 16 бит информации, поэтому скорость передачи информации в канале  $8 \cdot 10^3 \times 16 = 128$  Кбит/с. Соответственно,  $t_p$  – длительность разряда  $t_p = 3,9/16 = 0,244$  мкс,  $f_p=4096$  МГц, скорость передачи информации по линии  $32 \times 128 = 4096$  Кбит/с.

Канал 0 используется для организации цикловой синхронизации и технического обслуживания, канал 16 для сигнализации и специальной информации, в остальных каналах при установленном соединении передается полезная информация (речь или данные) – 8 бит и управляющая информация – 8 бит.

Формат информации, передаваемой в каналах линии, показан на рис. 8.2. Он зависит от состояния канала. Код, описывающий состояние канала, записывается в двух последних разрядах слов, передаваемых в каналах. Возможные значения кода:

- 00 – IDLE – свободный канал
- 01 – SELECT – выбор, поиск
- 11 – SPDA (SPEECH+DATA) – речь или данные
- 10 – ESCAPE/INTERROGATE – запрашивать (связь процессоров).

Поскольку канал 16 выделен для сигнализации, распределение битов в нем отличается от распределения в остальных каналах. Биты 0..4 выделяются для сообщения об освобождении пути (NACK – negative acknowledgement).

В канале 0 (не показан на рисунке) передаются сигналы и команды для синхронизации и техобслуживания. В рабочих каналах в состоянии речь/данные (SPDA) (8 бит) данные передаются вместе с управляющей информацией в одном кодовом 16 разрядном слове.

В процессе соединения (выбор) по рабочему каналу передается управляющая информация № порта, № канала (исходящей линии) и код функции (операции), которая должна быть выполнена в МЦКП. Модуль МЦКП может обеспечивать свободное искание или направленное искание канала для соединения. При свободном искании обеспечивается выполнение следующих функций:

- Выбор любого канала любой ЦЛ с 8 по 11
- Выбор любого канала любой ЦЛ с 8 по 15.

При направленном искании выполняются такие функции, как:

- Выбор любого канала  $n$  или  $(n+4)$  ЦЛ

- Выбор любого канала  $n$  ЦЛ
- Выбор любого  $m$  канала  $n$  ЦЛ.

Биты, отведенные для номера порта, указывают на номер цифровой линии, в которой устанавливается соединение при направленном поиске, биты номера канала указывают на конкретный номер канала этой линии.

Основной МЦКП является БИС, содержащая два порта с номерами  $n$  и  $n+8$  (сдвоенный коммутационный порт). В каждом МЦКП используется 8 таких БИС, которые подключены к общей шине из 39 параллельных проводов. Шина состоит из информационной шины, шины взаимодействия и шины синхронизации. Каждый сдвоенный коммутационный порт включает два приемника и 2 передатчика. Все 16 приемников и 16 передатчиков МЦКП подключены к общей шине (схема подключения показана на рис. 8.3). Структурная схема одного из портов показана на рис. 8.4.

Процесс установления соединения в МЦКП заключается в организации временного канала для передачи информации из конкретного канала входящей ВЦЛ в требуемую ИЦЛ через общую шину. При этом пространственная коммутация осуществляется выбором соответствующего передатчика, подключенного к требуемой ИЦЛ, а временная коммутация реализуется передатчиком.

Управляющая информация, поступающая в приемник коммутационного порта (в частности, номер порта), записывается в память состояния приемника. В соответствующие моменты времени она выставляется на шину взаимодействия. Передаваемые сигналы (речь или данные) записываются во входную память приемника. Память подключается к общей информационной шине приемника, другими словами, информация приемника, выставляется на шину. Информация всех 16 приемников МЦКП выставляется на шину по очереди, в порядке возрастания номеров портов. 16 передатчиков считывают информацию с шины и отправляют ее в свои ИЦЛ. Итак, имеются сигналы, которые передаются по 16 синхронным многоканальным линиям с временным разделением каналов (ВРК). В каждой линии передается по 32 канала с длительностью 125 мкс. За время передачи сигнала одного канала  $T_k=125/32=3,9$  мкс нужно последовательно передать через шину 16 сигналов (от 16 линий). Значит передачей одного сигнала, информационная шина может быть занята не более  $t_p = 3,9/16 = 0,244$  мкс. Сигнал в информационной шине в течение  $t_p$  называется тайм-слотом.

Если соединение установлено и МЦКП находится в режиме передачи информации (SPDA), то взаимодействие портов с общей шиной происходит в определенной последовательности, которая называется шинным циклом. Шинный цикл состоит из 4-х фаз длительностью 0,244 мкс. Фазы следуют одна за другой. Это фазы P – фаза порта, D – фаза данных (DATA), W – фаза записи (WRITE), R – фаза ответа (RETURN CHANNEL), рис. 8.5. В первой фазе (P), приемник входящего порта взаимодействует с шиной адресов портов. Он посылает на эту шину номер исходящего порта. Каждый передатчик сравнивает эти номера портов со своим номером, если номера совпадают, передатчик включается в текущий цикл.

Во второй фазе (D), приемник выставляет передаваемые данные на информационную шину, а передатчик, подключившийся к циклу, считывает их в свою вы-

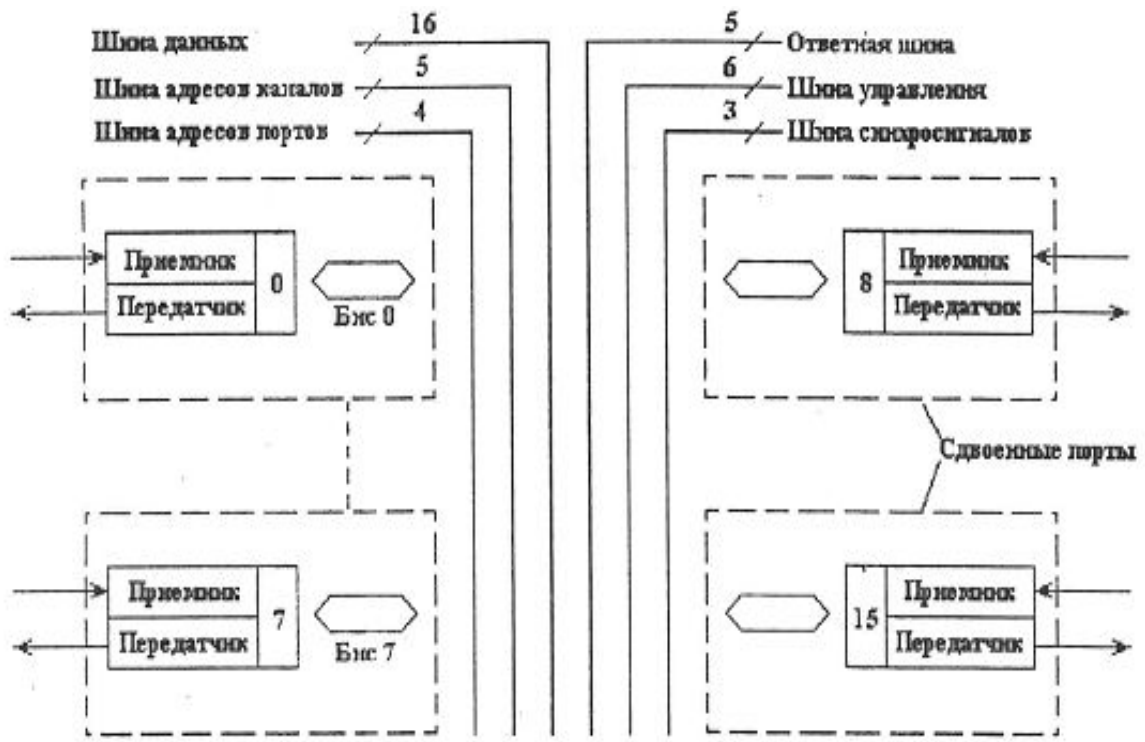


Рис. 8.3.

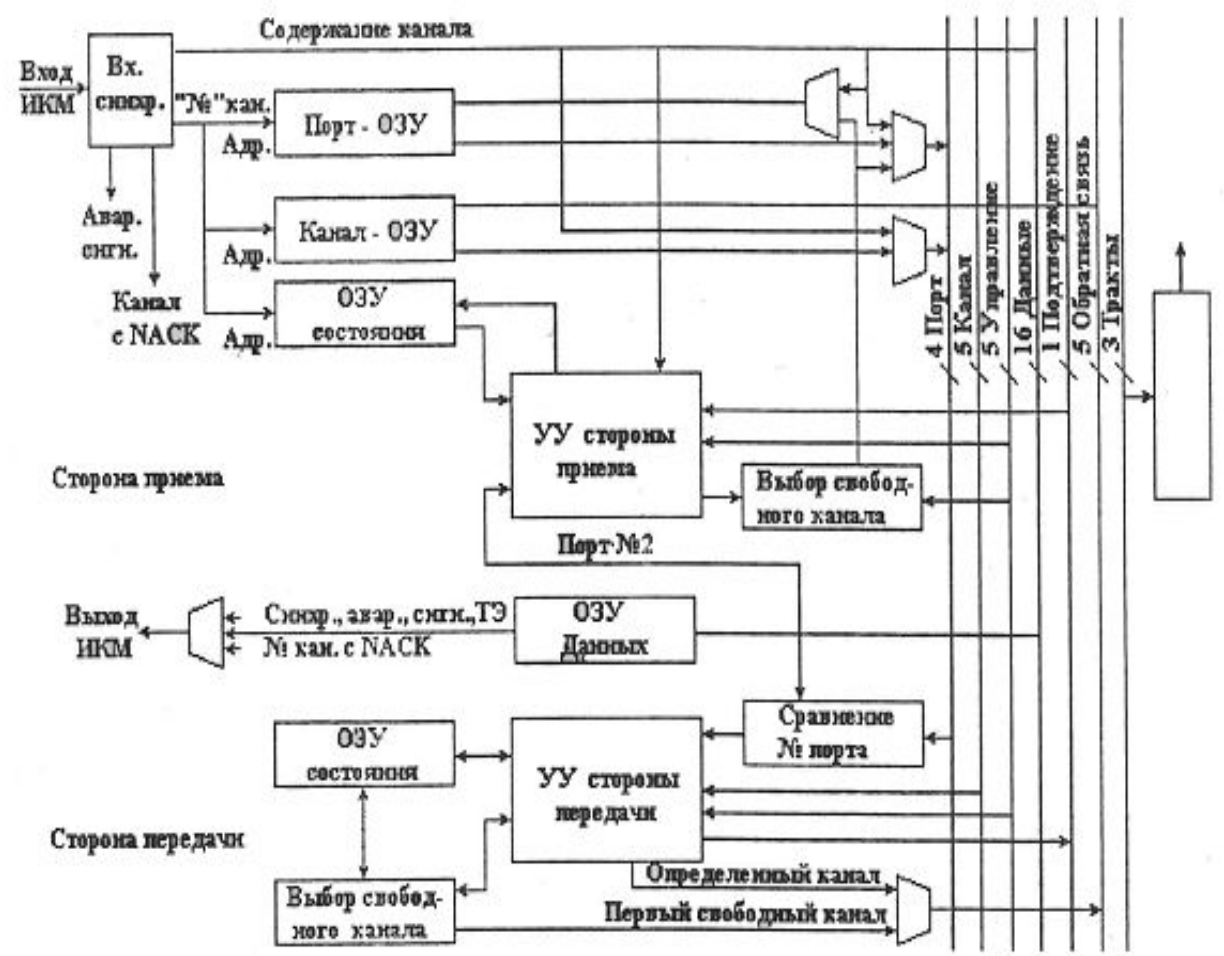


Рис. 8.4

ходную память.

В третьей фазе (W), передатчик обрабатывает эти данные и готовит сигнал подтверждения считывания.

В четвертой фазе (R) по шине АСК передается сигнал подтверждения. В состав каждого порта входит управляющее устройство, которое обеспечивает рас-

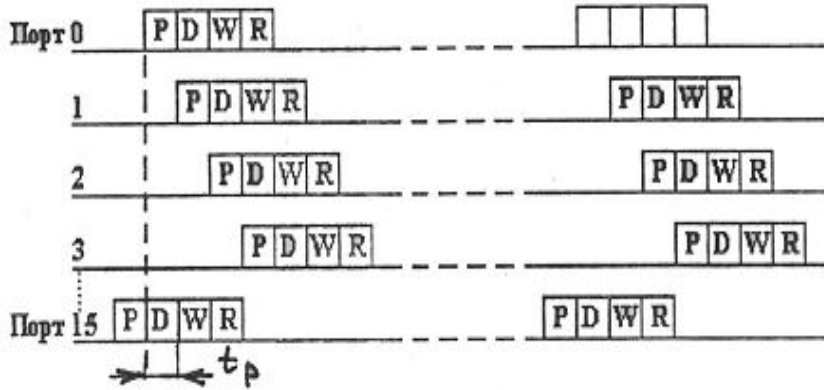


Рис. 8.5.

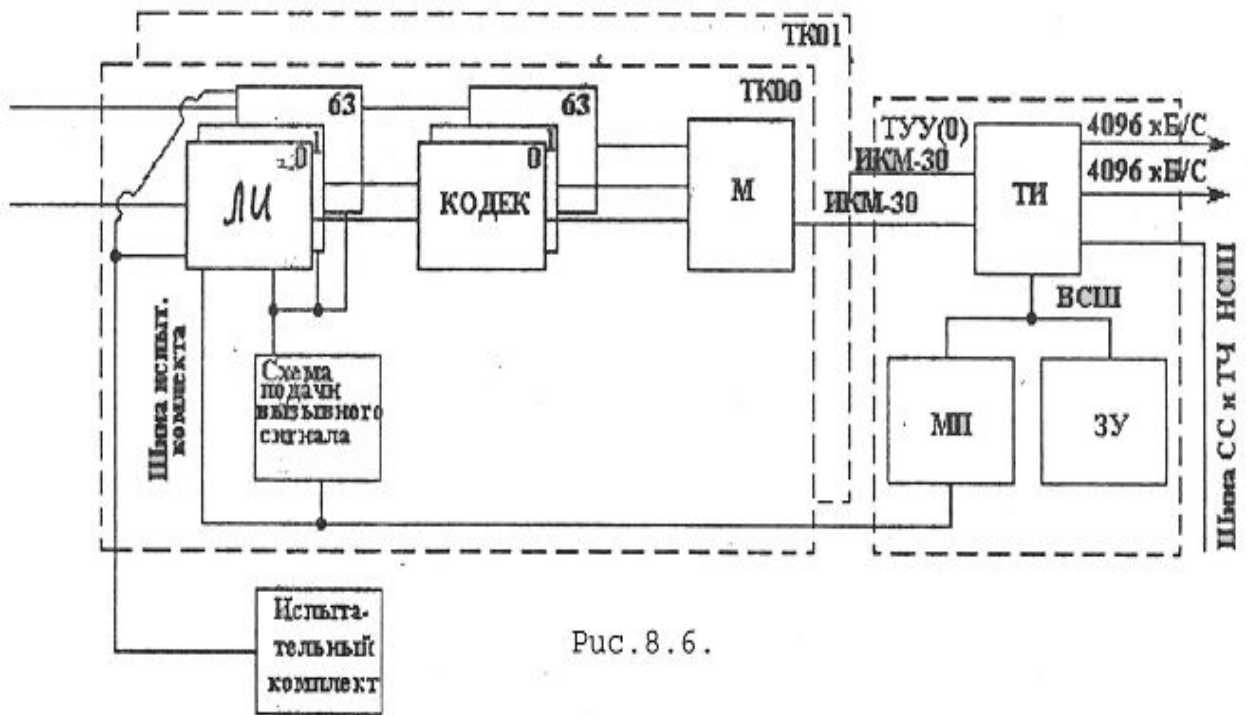


Рис. 8.6.

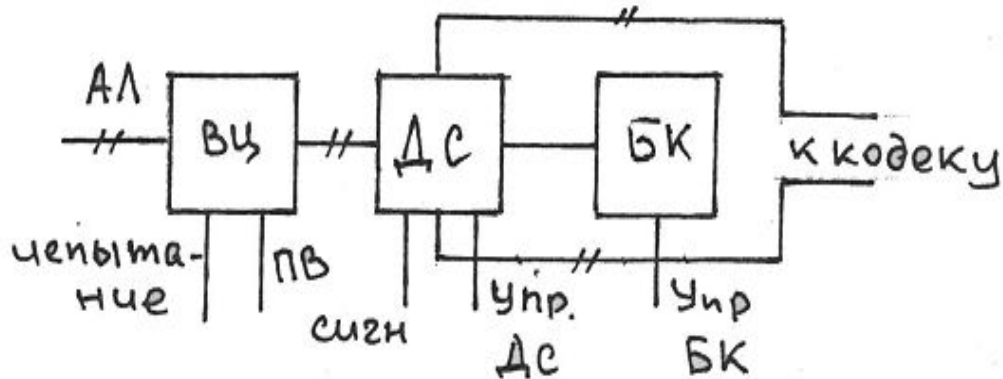


Рис. 8.7

пределенное управление установлением соединения в МЦКП. Адреса портов могут выбираться автономно приемником (при свободном поиске) или в соответствии с командой, поступившей по входящему ИКМ тракту. Оба эти способа поиска используются при установлении соединения через ЦКП.

### 8.3. Структура ЦКП

Цифровое коммутационное поле состоит из двух ступеней. Ступени доступа (СД) и ступени группового поиска (ГИ). Ступень доступа обеспечивает подключение к ЦКП терминальных модулей (ТА, СМ, ДУУ). Если вызывающий и вызываемый терминальный модули включены в один модуль ступени доступа, соединение устанавливается без участия ступени ГИ, если к разным модулям, то СД обеспечивает соединение (доступ) к ступени ГИ.

Структурная схема полного ЦКП представлена на рис. 5.12. Ступень доступа содержит до 1024 МЦКП, подразделяемых на пары (всего до 512 пар).

В каждую пару включается до 12 модулей (ТМ и СМ). Каждый модуль подключается двумя ЦЛ (четырёхпроводный двусторонний ИКМ тракт) к двум коммутаторам пары. Используются порты с 0 по 7-й и с 12 по 15-й. Таким образом, максимальное количество модулей, соединение которых может обеспечить ЦКП, составляет  $512 \times 12 = 6144$ .

Каждый МЦКП ступени доступа может быть связан со ступенью ГИ четырьмя ЦЛ (порты 8...11) по одной линии с каждой плоскостью. Одноименные порты каждой пары коммутаторов включаются цифровыми линиями в один из коммутаторов первого каскада ступени ГИ. Принцип включения показан на рис. 5.12. МЦКП0 и МЦКП1 ступени доступа включаются в МЦКП0 первого каскада ступени ГИ в порты 0 и 4, а в порты 3 и 7 включены ЦЛ от МЦКП6 и МЦКП7 СД.

Если вызывающая и вызываемая линии включены в МЦКП СД, подключенные к одному МЦКП ступени ГИ, то соединение будет установлено в этом МЦКП, сигналы не пойдут дальше в ЦКП.

Коммутаторы 1 и 2 каскадов ступени ГИ разделены на секции по 8 штук в каждой (рис. 5.11). В пределах секции они соединены по принципу каждый с каждым. Это обеспечивает смешивание нагрузки.

Если вызывающая и вызываемая линии включены в МЦКП СД, подключенные к коммутаторам СД, связанным с одной из секций ступени ГИ, то соединение будет установлено в этой секции, и сигналы не пойдут дальше в ЦКП.

Для соединения секций и дополнительного перемешивания нагрузки используются МЦКП 3 каскада ступени ГИ. Эти коммутаторы разделены на три группы так, чтобы коммутаторы каждой из этих групп были связаны со всеми МЦКП 2-го каскада.

Коммутатор не имеет блочного принципа построения, но имеет развивающуюся структуру, обеспечивающую возможность постепенного наращивания емкости в широком диапазоне вплоть до полной комплектации (рис. 5.12) за счет увеличения количества МЦКП на различных каскадах, увеличения числа каскадов и количества плоскостей ступеней ГИ.

Минимальная комплектация ЦКП – один коммутатор ступени доступа к нему можно подключить до шести ТМ.

Следующая комплектация ЦКП – восемь МЦКП ступени доступа и 1 МЦКП ступени ГИ. К такому ЦКП можно подключить 48 ТМ. В зависимости от нагрузки можно использовать в ступени ГИ 1,2,3 или 4 плоскости.

Следующая комплектация – 16 МЦКП ступени доступа, 2 МЦКП первого каскада и 4 МЦКП второго каскада ступени ГИ. В зависимости от нагрузки можно выбирать различное число плоскостей ступени ГИ.

#### **8.4. Терминальные модули системы**

Терминальные модули ТМ представляют собой специализированные блоки, предназначенные для обслуживания источников нагрузки (аналоговых и цифровых АЛ и СЛ). ТМ представляет собой совокупность терминальных комплектов (ТК), обеспечивающих сопряжение терминалов с цифровым коммутационным полем и терминального управляющего устройства (ТУУ), обеспечивающего управление оборудованием модуля, взаимодействие с терминалами и УУ других модулей и управление модулями ЦКП. Общие функции ТУУ следующие.

- Обнаружение поступления вызова и определение линейного номера источника нагрузки
- Посылка сигнала вызова или сигнала занятия в линии вызываемого терминала
- Обмен информацией с коммутаторами ЦКП при установлении соединений с системными модулями (СМ) и вызываемым ТУУ через ЦКП
- Подключение источника нагрузки к представляемому каналу
- Обнаружение момента отбоя
- Отключение источника нагрузки от канала
- Оперативный периодический контроль за состоянием оборудования ТМ
- Выполнение задач технического обслуживания по требованию оператора.

ТУУ состоит из микропроцессора (МП), запоминающего устройства (ЗУ) и схемы терминального интерфейса. Структурная схема терминального модуля показана на рис. 8.6. Связь МП с терминальными комплектами производится по 13 проводной низкоскоростной шине с мультиплексированием адресов и данных. Для связи МП с ЗУ и ТИ используется высокоскоростная шина (ВСШ). Каждый ТМ соединен с ЦКП двумя ИКМ трактами, 4096 бит/с, включенными в разные коммутаторы ступени доступа. ТИ обеспечивает преобразование передаваемой информации к стандарту ЦКП. По шине синхросигналов и тональных частот через ТИ от МСТЧ поступают сигналы синхронизации и цифровые тональные сигналы (например, контроль посылки вызова, занято).

ТМААЛ – терминальный модуль обслуживания аналоговых абонентских линий (АЛ), предназначен для подключения 128 АЛ, состоит из 2-х терминальных комплектов (ТК), в каждый из которых включается 64 АЛ. В состав ТК входят кодеки, мультиплексоры, демультимплексоры, схема линейного интерфейса, схема подачи вызывного сигнала.

Линейный интерфейс (ЛИ) (рис. 8.7) осуществляет согласование с абонентской линией. Входная цепь (ВЦ) обеспечивает возможность испытания абонентского шлейфа и измерения параметров АЛ, испытания стационарной части оборудования, посылку вызова, переключения на запасной (резервный) абонентский (1 из 480) комплект в случае неисправности. Дифференциальная схема осуществляет

переход от симметричной АЛ к 2-м несимметричным линиям разговорного тракта, подачу тока питания микрофона аппарата, контроль за состоянием шлейфа (вызов станции, ответ, отбой, набор номера), осуществляет дискретизацию аналогового сигнала (АИМ), регулировку уровня сигнала и напряжения питания. Регулировка балансного контура (БК) позволяет настроить ЛИ на конкретную линию (длинная, короткая).

Для повышения надежности системы применяют запараллеливание ТУУ двум ТМ по схеме перекрестного включения (рис. 8.8). В нормальном режиме функционирования (когда оба ТУУ исправны) ТУУО обслуживает вызовы абонентских групп ТК00 и ТК01, а ТУУ1 – свои группы – ТК10 и ТК11. При отказе одного из ТУУ или по команде оператора (в случае выполнения операции техобслуживания) производится передача управления по обслуживанию вызовов всех 4 абонентских групп другому ТУУ. Таким образом, одно ТУУ обслуживает 128 линий в нормальном режиме работы и 256 линий при отказе одного из двух параллельных ТУУ. При работе двух ТУУ нагрузка каждой абонентской группы (64 абонента) концентрируется в одном 30-ти канальном ИКМ тракте (коэффициент концентрации  $64/30=2,13$ ). После передачи управления одному ТУ в каждом тракте концентрируется нагрузка двух групп (и коэффициент концентрации повышается  $128/30=4,27$ ).

### 8.5. Установление соединения

Информация о конфигурации ЦКП хранится в ТУУ в виде адресов линий, подключаемых к ЦКП, и адресов межкаскадных цифровых линий. Каждый ТМ (СМ) имеет фиксированный адрес, определяющий его включение в ЦКП в виде 13 разрядного слова ABCD. Цифра А – содержит 4 бита и определяет включение ТМ (СМ) в определенную ЦЛ МЦКП ступени доступа. Фактически цифра А является номером входа МЦКП ступени доступа, к которому подключается конкретный ТМ (СМ). Этот номер может принимать значение от 0 до 7 для ТМ и от 11 до 15 для СМ (см. рис. 5.12), поэтому четырех бит хватает для его задания.

Цифра В – содержит два бита и определяет включение МЦКП ступени доступа в определенную ЦЛ МЦКП 1-го каскада ступени ГИ. Каждый коммутатор СД подключается к  $n$  и  $(n+4)$  входам МЦКП 1 каскада ступени ГИ (см. рис. 5.12),  $n$  в этих формулах изменяется от 0 до 3, поэтому двух бит хватает для задания этой цифры. Цифра С содержит 3 бита и определяет номер входа МЦКП 2-го каскада ступени ГИ, к которому подключается ЦЛ от используемого МЦКП 1 каскада. Фактически С – это номер используемого МЦКП 1 каскада ГИ в секции. Всего в секции 8 МЦКП, поэтому С может принимать значение от 0 до 7 (см. рис. 5.12) и трех бит хватает для задания этого номера. Цифра D – содержит 4 бита и определяет включение МЦКП 2-го каскада в определенную ЦЛ 3-го каскада ступени ГИ (от 0 до 15). Фактически D – номер секции в ступени ГИ, к которой подключен ТМ. Таким образом, адрес ABCD однозначно определяет терминальный модуль.

При установлении соединения вызывающее ТУУ сравнивает информацию об адресе вызываемого абонента  $A_1B_1C_1D_1$  с собственным адресом ABCD по принципу: цифра за цифрой последовательно, начиная со старших знаков. Результатом



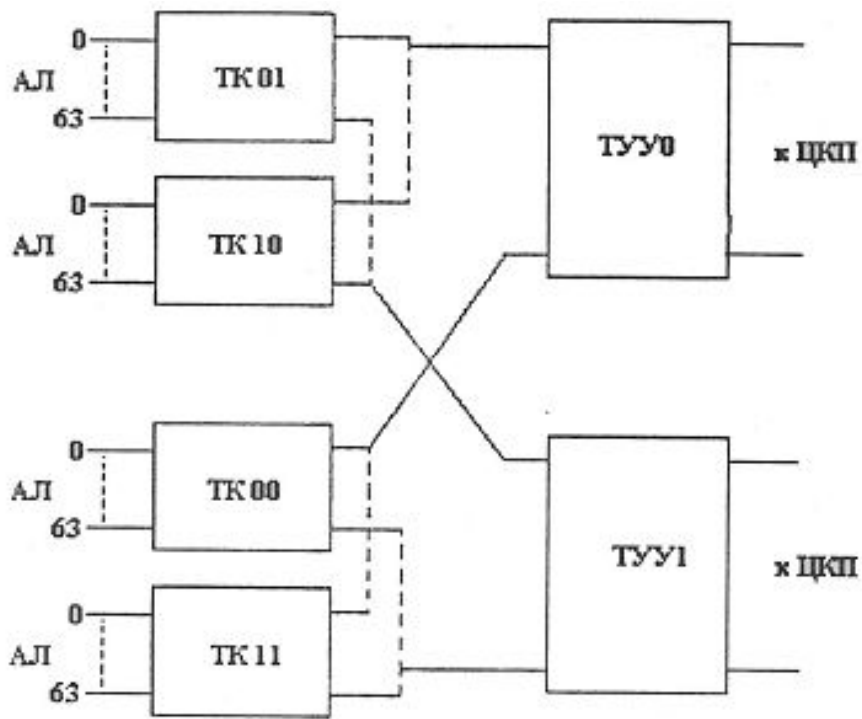


Рис. 8.8.

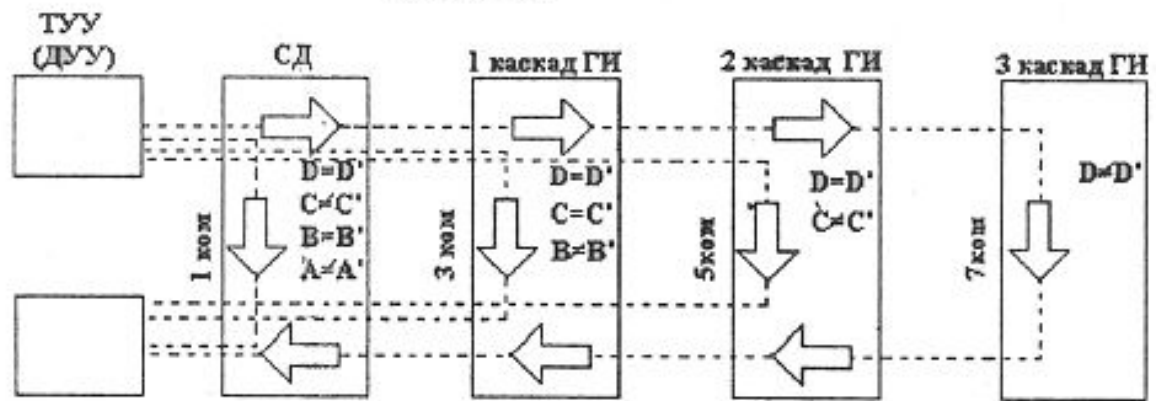


Рис. 8.9.

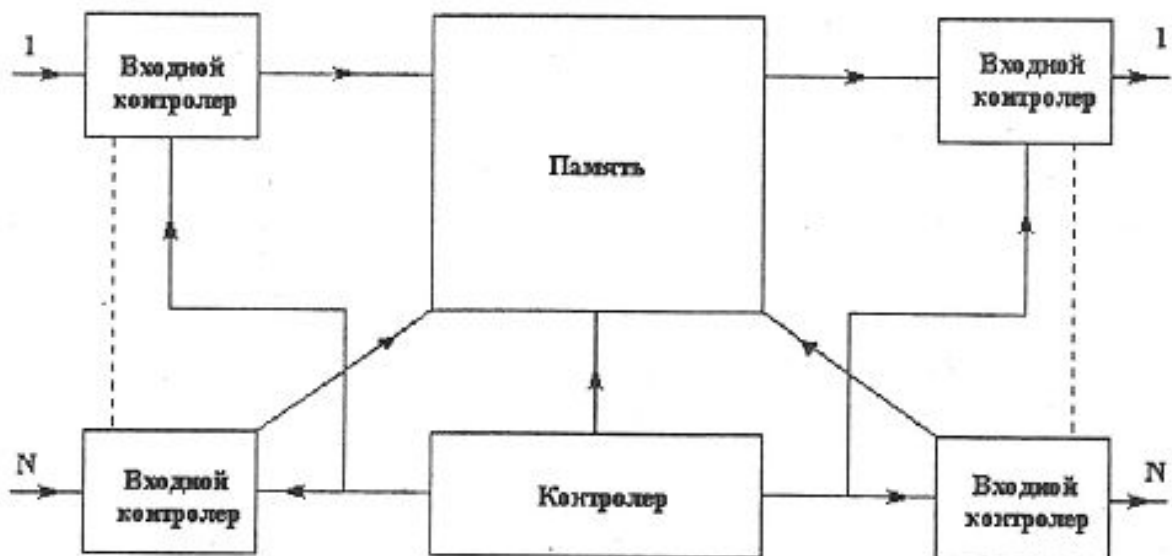


Рис. 9.1

сравнения является формирование управляющих команд на установление соединения.

Если при сравнении цифры  $D$  не совпадают ( $D \neq D_1$ ), это означает, что вызывающий и вызываемый модули включены в разные секции и соединение пройдет через все каскады ступени группового искания. В этом случае для установления соединения необходимо сформировать 7 команд. Первая команда определяет, к какому входу МЦКП 1 каскада ступени ГИ должен быть подключен используемый МЦКП СД. Вторая команда определяет, номер входа МЦКП второго каскада ГИ, к которому должен быть подключен используемый МЦКП 1 ступени ГИ. Третья команда определяет, к какому входу МЦКП третьей ступени ГИ должен быть подключен используемый МЦКП второй ступени и т.д. Последняя, седьмая команда определяет, с каким терминальным модулем устанавливается связь. Схематично описанная последовательность из 7 команд представляется следующим обозначением:

$$CD^1 \rightarrow GI_1^2 \rightarrow GI_2^3 \rightarrow GI_3^4 \rightarrow GI_2^5 \rightarrow GI_1^6 \rightarrow CD^7 \rightarrow TM.$$

В этом обозначении стрелки с номерами семи команд соединяют названия ступеней искания, соединяемых при выполнении этой команды.

Если при сравнении цифры  $D$  совпадают ( $D = D_1$ ), а цифры  $C$  не совпадают ( $C \neq C_1$ ), значит вызывающий и вызываемый модуль включены в одну секцию и соединение не пройдет через третий каскад ступени ГИ, значит для установления соединения нужно сформировать (и выполнить) 5 команд с такими условными обозначениями:

$$CD^1 \rightarrow GI_1^2 \rightarrow GI_2^3 \rightarrow GI_1^4 \rightarrow CD^5 \rightarrow TM \text{ и т.д.}$$

Если совпадают цифры  $D, C$  и  $B$  ( $D = D_1, C = C_1, B = B_1$ ), а цифры  $A$  не совпадают, значит вызывающий и вызываемый абоненты включены в один МЦКП СД и для установления соединения необходима 1 команда ( $CD^1 \rightarrow TM$ ).

На рис. 8.9 показано графическое представление рассмотренных вариантов соединения. Оно наглядно демонстрирует понятие "точки отражения". В общем случае (7 команд) сигнал проходит через все звенья коммутационного поля, и как бы отражается и поворачивает в МЦКП 3-го каскада ступени группового искания.

Если вызывающий и вызываемый ТУУ подсоединены к одной секции ступени ГИ, точка отражения находится в МЦКП каскада этой секции, требуется 5 команд и т.д.

После определения числа каскадов ТУУ обеспечивает подключение к одному из пары МЦКП СД, доступных вызывающему ТМ, а затем посылает команды управления. Рассмотрим пример последовательности из 7 команд:

1. Выбор любого свободного канала в любой ЦЛ от 8 до 11 (подключение МЦКП СД к одной из плоскостей).
2. Выбор любого свободного канала в любой ЦЛ от 8 до 15 (коммутация внутри МЦКП 1 ступени ГИ).
3. Выбор любого свободного канала в любой ЦЛ от 8 до 15 (коммутация внутри МЦКП2 ступени ГИ).
4. Первые 3 канала - свободное искание. От 3-го каскада ступени ГИ в сторону вызываемого модуля в 3 и 2 каскадах существует всего только одна ЦЛ,

поэтому далее выдаются команды на вынужденное искание свободного канала в определенных линиях. Они содержат номер ЦЛ (в битах 3. ..6) от 0 до 7.

5. Выбор любого свободного канала в ЦЛ с номером  $n$  (соединение в МЦКП третьей ступени ГИ).

6. Выбор любого свободного канала в ЦЛ с номером  $n$  (соединение в МЦКП каскада второй ступени ГИ).

7. Выбор любого свободного канала в линии с номером  $n$  или  $n+4$  (соединение в МЦКП первой ступени с любым из пары МЦКП СД, связанных с вызываемым ТМ).

8. Выбор любого свободного канала в линии с номером  $n$  (соединение в МЦКП СД с конкретным вызываемым ТМ).

В зависимости от адреса вызываемого модуля соединение может устанавливаться через разное количество каскадов. Суть управления соединением во всех случаях одна: до точки отражения – свободное искание, после точки отражения – вынужденное.

*Контрольные вопросы к разделу 8*

1. Опишите структурную схему АТС Алкатель 1000 S 12.
2. Какими линиями терминальные и системные модули станции подключаются ЦКП.
3. Опишите структуру сигнала в линиях цифрового коммутационного поля. Для чего в каналах линии передают 16 разрядов информации?
4. Опишите модуль цифрового коммутационного поля станции. Для чего используется шинный цикл?
5. Как задается адрес терминального или системного модуля станции?
6. Назначение и функции терминального управляющего устройства модулей станции.
7. Для чего терминальные модули используются парами?
8. Для чего каждый терминальный модуль подключается к двум коммутаторам доступа?

## **Раздел 9. Коммутаторы сетей АТМ**

### **9.1. Общие сведения**

Сети АТМ (Asynchronous Transfer Mode) – асинхронные сети с пакетной передачей информации [9]. В сетях с пакетной передачей информации используют 2 режима работы: 1) режим виртуальных каналов, 2) дейтаграммный режим.

Дейтаграммный режим используется в сети Интернет. Сообщение делится на части – пакеты (дейтаграммы), которые передаются независимо от других частей. Дейтаграммы одного сообщения могут передаваться в сети по разным путям.

В АТМ сетях реализуется режим виртуальных каналов (ВК). ВК организуются при установлении соединения. В режиме виртуальных каналов пакеты одного сообщения передаются в естественном порядке, по установленному маршруту - виртуальному каналу, который прокладывается по виртуальным путям (ВП). Виртуальные каналы, реализуемые в сетях АТМ, используются для связи локальных сетей отделений предприятий, правительственных и госучреждений. Сеть АТМ

может одновременно обслуживать виртуальные сети различных предприятий, при этом ресурсы сети разделяются между виртуальными сетями динамически. По виртуальным путям могут передаваться пакеты разных виртуальных сетей.

Сеть АТМ позволяет передавать информацию с высокими скоростями (155,52 Мбит/сек, 525 Мбит/сек, ...). Топология сети АТМ может быть достаточно сложной. Для организации соединений используются виртуальные каналы и виртуальные пути (ВП). Для организации ВК в сети используется коммутаторное оборудование: коммутаторы ВК и коммутаторы ВП. Звенья виртуального пути оканчиваются в коммутаторах ВП. А звенья ВК оканчиваются в коммутаторах ВК. Последовательность звеньев ВК называется соединением ВК.

Передача информации в сетях АТМ происходит пакетами фиксированной длины - 53 байта, из них 5 байт занимает заголовок, а 48 байт - передаваемая информация. В заголовке содержится адресная информация - идентификатор виртуального пути, по которому пойдет пакет (ИВП, Virtual path identifier- VPI), идентификатор виртуального канала (ИВК, Virtual channel identifier- VCI), а также байт контроля и исправления ошибок в заголовке (HEC - Header error control). Все одиночные ошибки в заголовке исправляются, возможно обнаружение многократной ошибки, если ошибку в заголовке исправить невозможно, ячейка отбрасывается.

Идентификатор виртуального пути идентифицирует целую группу виртуальных каналов. Коммутатор ВП используется для коммутации групп виртуальных каналов, обеспечивает статическое или динамическое распределение полосы пропускания. ИВП содержит от 8 бит – (256 путей) до 12 бит - (4096) путей. Идентификатор виртуального канала однозначно определяет канал внутри виртуального пути, вместе с VPI он однозначно определяет виртуальный канал на заданном сегменте, содержит 16 бит (идентифицирует 65536 возможных виртуальных каналов для каждого пути). Таким образом, всего заголовком идентифицируется от 17 до 270 миллионов возможных адресов.

АТМ ячейки передаются синхронно. Если нет полезной нагрузки, передаются пустые ячейки VPI = 0, VCI = 0. Такие ячейки не обрабатываются коммутатором.

При передаче речи пакетами обязательно происходит задержка на пакетизацию, т.к. пакет передается только после заполнения его речевыми отсчетами. При использовании стандартного телефонного кодека задержка равна  $125 \text{ мксек} * 48 \text{ отсчетов} = 6 \text{ мсек}$ .

В сети АТМ виртуальные каналы могут быть постоянными и временными. Основные функции коммутационного оборудования АТМ: концентрация нагрузки или мультиплексирование (подключение нескольких источников к линии АТМ); деконцентрация или демultipлексирование (разделение потока АТМ на исходящие потоки); коммутация.

В АТМ технологии при отправке ячеек не проверяется, свободны ли каналы для передачи и приема информации. Одной из проблем, которые возникают при коммутации, может быть одновременный приход нескольких ячеек к одному выходу, через который может быть передана только одна ячейка. При такой ситуации ячейка может пропасть. Эта ситуация называется коллизией. В АТМ коммутаторах при коллизии «лишнюю» ячейку записывают в буфер - специальную схе-

му памяти, откуда она передается в линию с задержкой на такт, от момента ухода в линию предыдущей ячейки.

При скорости 166 Мбит/сек задержка ячейки в коммутаторе равна одному такту и составляет 53байта x 8бит /155,52 Мбит/с~2.7 мксек. Если ячейка оказывается в буфере второй, она задерживается на 2 такта, если третьей - на три такта и т.д. Поскольку ячейки буферизируются на неопределенное время, возникает асинхронность передачи, учитываемая в названии технологии. Идеальным считают коммутатор, который позволяет без потерь и с минимальными задержками направлять по назначению все поступающие ячейки, сохраняя при этом порядок, в котором они поступили на входы. Кроме этого от коммутатора часто требуется: многоадресная передача (рассылка), возможность приоритетного обслуживания.

Особенностью АТМ коммутаторов является то, что адрес, по которому направляется ячейка, записывается в заголовке. Поэтому перед коммутацией необходимо прочитать заголовок и сформировать управляющие команды для коммутатора.

По структуре построения все коммутаторы делятся на 3 типа: с коллективной памятью, с общей средой, с пространственным разделением. Рассмотрим принципы построения таких систем.

### **9.2. Коммутаторы с коллективной памятью**

По структуре эти коммутаторы близки к рассмотренному ранее (рис. 3.9) пространственно-временному коммутатору с памятью. Схема показана на Рис.9.1. Такие коммутаторы должны удовлетворять следующим двум требованиям.

1. Высокое быстродействие процессора, достаточное для обработки поступающих вызовов. Процессор должен успеть выполнить следующие действия:
  - определить, в какую очередь поставить поступивший пакет,
  - выработать управляющие сигналы.
2. Высокое быстродействие памяти. Если число портов  $n$ , скорость обмена  $V$ , то скорость записи/считывания должна составлять  $2nV$ , если  $n=32$ ,  $V= 150$  Мбит/с, скорость равна  $2 \cdot n \cdot V = 9,6$  Гбит/с).

В рассматриваемой схеме объем памяти определяется не только количеством портов  $n$ , поступающей нагрузкой, моделью графика, но и способом коллективного использования памяти.

Варианты использования памяти:

- а) разбита на отдельные секции (пакет теряется, если заполнена любая из секций),
- б) совместное использование общей памяти (пакет теряется только тогда, когда заполнена вся память).

### **9.3. Коммутаторы с общей средой**

Принцип действия: все пакеты, поступающие по входным каналам, синхронно мультиплексируются в общую среду с высокой скоростью передачи, в качестве которой может выступать общая шина с разделением по времени (рис. 9.2.) или кольцо. (Выше рассмотрен пример шинного TDM коммутатора - МЦКП станции S 12). Через шину нужно передать сигналы от всех  $n$  входов, поэтому скорость передачи информации в общей шине должна быть в  $n$  раз больше, чем скорость пе-

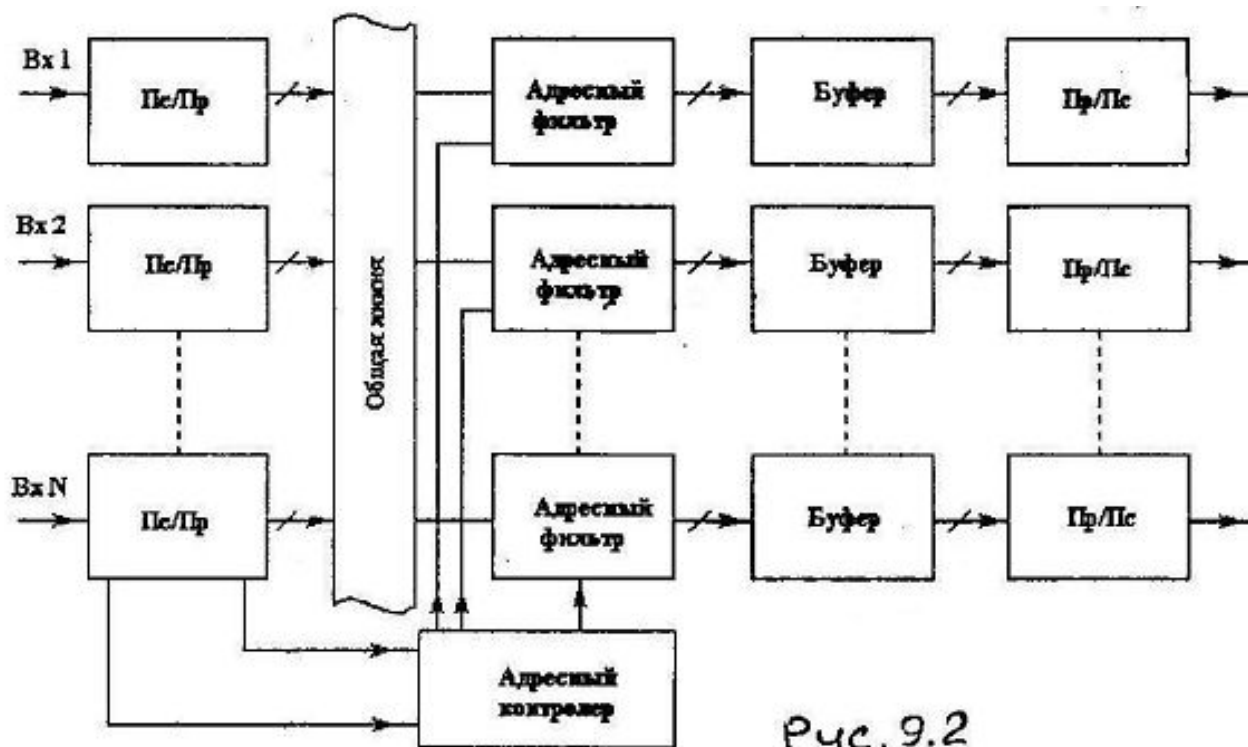


Рис. 9.2

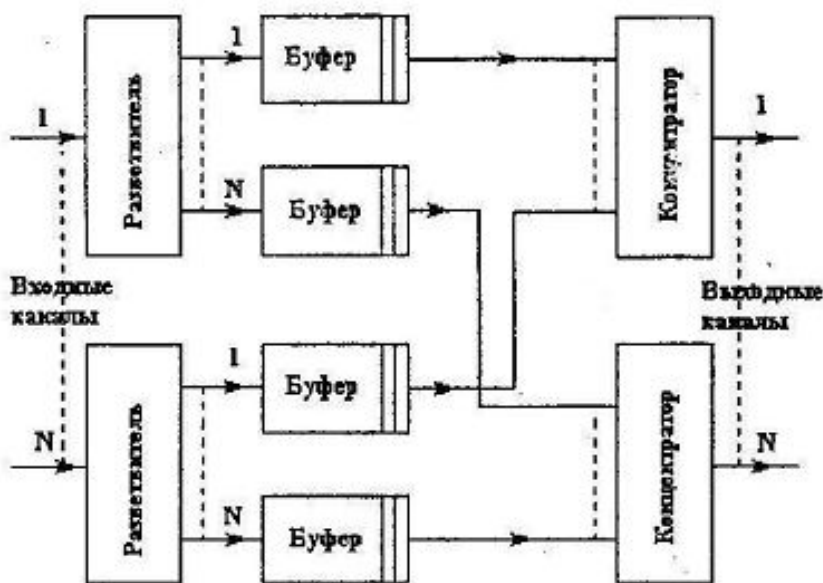
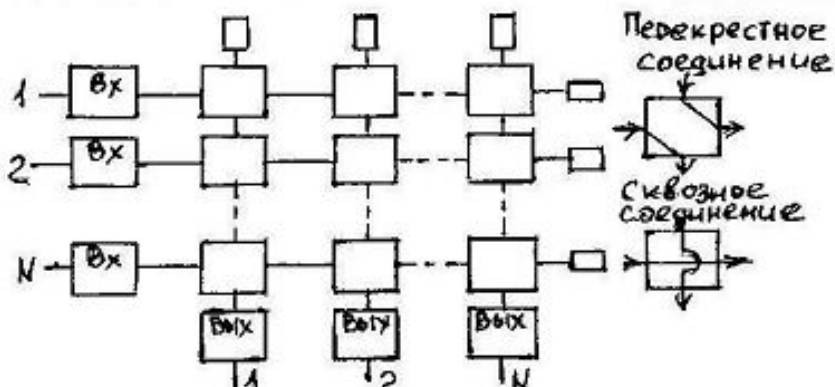


Рис. 9.3

Рис. 9.4



редачи по одному входному каналу. Упрощенная структурная схема коммутатора показана на рис. 9.2.

Каждый выходной канал присоединен к шине через интерфейс, состоящий из адресного фильтра и буферной памяти, организованной по принципу FIFO (first input, first output).

В этом виде коммутатора все пакеты проходят по единому пути - передаются через шину с временным разделением (общее свойство с коммутаторами с памятью). Характерной особенностью этого коммутатора является раздельное использование памяти входными очередями.

При ограничении на скорость доступа к памяти и размеры БИС коммутационный модуль реализуют на основе параллельной организации - поступающие последовательные потоки преобразуют в  $p$  параллельных потоков. Скорость в каждом потоке в  $p$  раз меньше.

Коммутаторы с большим числом выходов строят по многозвенным схемам (см. рис.5.8), в том числе по схеме с перемешивающим звеном (рис. 5.9). Каскады соединяют непосредственно многопроводными шинами без дополнительных преобразований из параллельного кода в последовательный и наоборот.

#### **9.4. Коммутаторы с пространственным разделением**

Рассмотрим структурную схему базовой модели коммутатора с пространственным разделением, показанную на рис. 9.3. Сигнал с каждой из  $N$  входящих линий через разветвитель записывается в  $N$  буферов. Каждая исходящая линия подключена к буферам всех входящих линий через концентратор, поэтому коммутатор является полнодоступным. Сигналы входящих линий записываются в буферы с учетом адреса. Концентратор выдает в исходящую линию ячейку, которая пришла в его буферы первой. В этой схеме коммутатора одновременно устанавливается до  $N$  соединений, скорость передачи по каждому из соединений равна скорости передачи по одному каналу. В схеме имеется  $n$  в квадрате раздельных буферов памяти (аналогичная схема TDM коммутатора рассмотрена на рис 7.3).

Различают три группы коммутаторов с пространственным разделением:

- 1) коммутаторы с  $n$  в квадрате раздельными соединениями,
- 2) баньяновидные коммутаторы,
- 3) матричные коммутаторы.

Пример коммутатора с  $n$  в квадрате раздельными соединениями рассмотрен на рис. 9.3.

Вероятность того, что сразу  $L$  ячеек придут на один выходной канал, мала, поэтому обычно потери ячеек не велики (рассчитано, что при однородной нагрузке при числе ячеек в буфере, равном 8 вероятность потерь =  $1/10^6$  независимо от нагрузки и размера коммутатора).

#### **9.5. Матричные коммутационные структуры**

Основой коммутационной структуры координатного (матричного) типа является коммутационная матрица из  $N \times N$  ключей. Замыкание ключа, подсоединенного к входу  $i$  и к выходу  $j$  образует физическое соединение  $i$ -го входа с  $j$ -м выходом. Структурная схема такого коммутатора показана на рис. 9.4.

Схема используется для коммутации сигналов с очень высокой частотой, поэтому в ее узлах используется СВЧ коммутаторы (например, коммутаторы на  $p - i - n$  диодах или на транзисторах на арсениде Галлия). К концам линий подключены согласованные (не отражающие) нагрузки.

Каждый коммутатор может находиться в двух состояниях:

1) в сквозном состоянии (горизонтальные вход и выход соединены, вертикальные вход и выход тоже соединены).

2) в перекрестном состоянии (горизонтальный вход соединен с вертикальным выходом, а вертикальный вход – с горизонтальным выходом).

Рассматриваемая схема при коммутации отключает части схемы, не участвующие в соединении, поэтому схема работает в режиме согласования. Отключенные участки схемы нагружены на согласованные нагрузки, поэтому в схеме не возникают ненужные резонансы, искажающие спектр сигнала.

Пусть в начале все ключи находятся в сквозном состоянии. Тогда для соединения  $j$ -го входа с  $i$ -м выходом достаточно перевести ключ  $ij$  в перекрестное состояние.

Если в одном временном интервале на входные порты поступит несколько ячеек, адресованных на один и тот же выходной порт, то только одна из них может быть направлена на этот порт, остальные должны быть занесены в буфер, иначе будут потеряны (при независимой однорядной модели трафика с поступающей нагрузкой  $P$  пропускная способность коммутатора равна  $B = 1 - (1 - P/N)^N$ . При  $P = 1$ ,  $N \rightarrow \infty$ ,  $B = 0,632$ ).

Буферные устройства могут быть размещены в узлах матрицы или на входах коммутатора. Особенности коммутаторов с буферами в узлах матрицы.

- Приходится размещать и память, и коммутационные элементы на одном кристалле. Это сильно ограничивает число входов коммутационных элементов - большие коммутаторы не размещаются на реальных кристаллах.

- Память используется не рационально, зона  $C$  определяется емкостью буфера одного коммутатора, а их  $N$  в квадрате штук.

- Можно использовать память скоростной организации - FIFO (первый записан - первый считан).

При размещении буферов на входах матрицы нельзя использовать простую организацию памяти (FIFO). Если на один выход претендуют, например,  $K$  ячеек, то за время длительности цикла будет обслужен только один пакет, а остальные  $K-1$  останутся ждать следующего интервала. При этом ячейки, расположенные в очереди за заблокированной ячейкой, тоже блокируются, даже если им нужен другой, свободный в данный момент времени выход. Поэтому необходимо применять ЗУ с произвольной выборкой (RAM – Random Access Memory) и более сложную схему управления.

### 9.6. Коммутаторы баньяновидного типа

Коммутаторами баньяновидного типа называются многокаскадные коммутаторы из простых переключателей  $2 \times 2$ . Простейшим примером такого коммутатора является разветвитель  $2 \times N = 2^K$ , где  $K$  – число каскадов. Схема трехкаскадного коммутатора показана на рис. 9.5.

Каждый из переключателей этой схемы может находиться в одном из двух управляемых состояний (сквозном или перекрестном). Если на этой схеме добавить еще входные каналы, можно получить коммутатор  $N \times N$ , в котором  $(N/2) \log_2 N$  простых переключателей  $2 \times 2$  ( см. рис. 9.6).



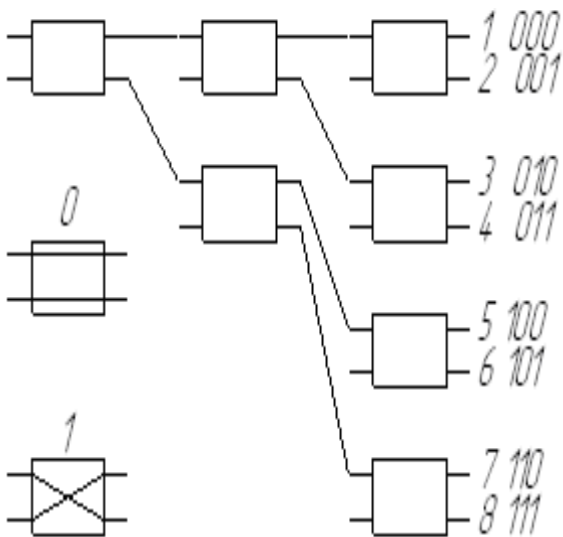


Рис. 9.5

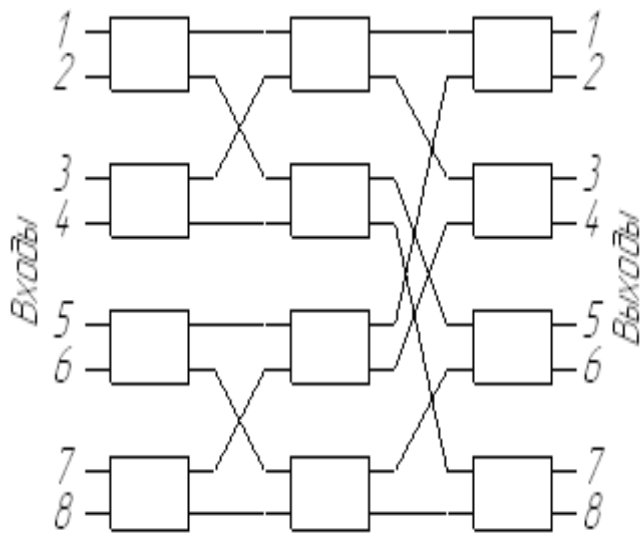


Рис.9.6

Преимущества таких коммутаторов:

- имеют меньше переключателей, чем остальные,
- установление соединений может быть осуществлено децентрализованно, с использованием процедуры самомаршрутизации,
- структура коммутатора регулярная, что удобно для реализации на СБИС,
- структура модульная, что позволяет строить большие сети без необходимости модификации физической компоновки или алгоритмов.

Недостатки:

- возможность возникновения внутренних конфликтов, так как существует только один путь, связывающий конкретные входной и выходной каналы,
- во всей сети возможно установление не более  $N$  соединений (трудно осуществлять рассылку).

Разработано много схем АТМ коммутаторов. Многие схемы используют коммутаторы нескольких типов. Основной недостаток всех схем - наличие внутренних блокировок, которые приводят к снижению пропускной способности. Способы уменьшения вероятности блокировок:

- включение буферов в места возникновения конфликтов,
- использование входной буферизации и блокировки ячеек на входе при возникновении конфликта внутри,
- использование входной буферизации в сочетании с сортировкой входных пакетов с целью устранения конфликтов,
- параллельное или тандемное использование группы баньяновидных соединителей с целью увеличения числа возможных путей.

*Контрольные вопросы к разделу 9*

1. Какие пакеты используются в сетях АТМ, как они называются?
2. Какая информация записывается в заголовок ячейки АТМ?
3. В чем отличие способа передачи ячеек АТМ и IP пакетов?
4. Какая задержка на пакетизацию в АТМ сети получается при передаче речи со скоростью 64 кбит в сек.?
5. Для чего в АТМ коммутаторах используются буферы.

6. Почему при синхронной передаче ячеек технология АТМ называется асинхронной?
7. Перечислите типы АТМ коммутаторов.
8. Для чего в матричных АТМ коммутаторах используют согласованные нагрузки?

### **Список литературы**

1. Абилов А.В. Сети связи и системы коммутации.- М.: Радио и связь, 2004.- 288 с.
2. Авксентьев А.А., Егоров А.Е. Сети телефонной связи. – Казань: ЗАО «Новое знание», 2011. -56 с.
3. Автоматическая коммутация: Учебник для вузов /Под ред. О.Н.Ивановой. – М.: Радио и связь, 1988. -624 с.
4. Баркун М.А., Ходасевич О.Р. Цифровые системы синхронной коммутации. – М.: Эко-трендз, 2001. –188с.
5. Васильев Е.К., Симкин Л.М. Квазиэлектронные и электронные телефонные станции. – М.: Радио и связь, 1991. –240с.
6. Гольдштейн Б.С. Системы коммутации.- СПб: БХВ-Санкт-Петербург, 2003.- 318 с.
7. Кизлюк А.И. Справочник по устройству и ремонту телефонных аппаратов отечественного и зарубежного производства. – М.: Библион, 1997. –208с.
8. Лутов М.Ф. и др. Квазиэлектронные и электронные АТС. – М.: Радио и связь, 1988. –220с.
9. Назаров А.Н., Симонов М.В. АТМ технология высоких скоростей. – М.: Эко-трендз, 1998. –234с.
10. Хиллс М.Т. Принципы коммутации в электросвязи: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1984. –312 с.

### **Содержание**

Введение.....	3
Раздел 1. Основные сведения о сетях проводной телефонной связи.....	3
1.1. Структура сети телефонной связи .....	3
1.2. Абонентские терминалы.....	5
Раздел 2. Коммутационные приборы и соединители .....	8
2.1 Классификации коммутационных приборов.....	8
2.2. Электромеханические искатели .....	9
2.3. Многократные координатные соединители (МКС).....	11
2.4. Соединители квазиэлектронных АТС .....	13
Раздел 3. Коммутационные системы электронных АТС.....	15
3.1. Особенность коммутаторов электронных АТС .....	15
3.2. Коммутационные системы аналоговых электронных АТС.....	15
3.3. Коммутационные системы цифровых АТС .....	18
3.4. Пространственные коммутаторы цифровых АТС .....	19
3.5. Временные коммутаторы цифровых АТС.....	19
3.6. Цифровые пространственно-временные коммутационные системы из пространственных и временных коммутаторов.....	22

3.7. Цифровой пространственно-временной коммутатор с запоминающим устройством .....	23
Раздел 4. Сведения из теории распределения информации .....	25
4.1. Основные понятия и определения .....	25
4.2. Варианты обслуживания в системах связи .....	27
4.3. Системы с отказами .....	29
4.4. Системы обслуживания с ожиданиями .....	30
4.5. Применение теории телетрафика .....	31
4.6. Зависимость эффективной работы приборов от размера системы .....	31
4.7. Работа системы обслуживания в условиях перегрузки .....	32
Раздел 5. Соединение коммутационных систем .....	33
5.1. Применение коммутаторов с ограниченной доступностью .....	33
5.2. Схема свободного искания с шаговыми искателями, ступенчатое включение коммутаторов .....	35
5.3. Многокаскадные (многозвенные) коммутационные системы .....	36
5.4. Двухзвенное включение МКС в режиме свободного искания .....	38
5.5. Двухзвенное включение МКС в режиме группового искания .....	38
5.6. Коммутационные системы большой емкости .....	38
Раздел 6. Сигнализация и синхронизация в сетях связи .....	41
6.1. Сигнализация в телефонных сетях .....	41
6.2. Синхронизация в цифровых системах .....	48
Раздел 7. Цифровая станция ДХ-220 (АТСЭ-220) .....	50
7.1 Структурная схема станции .....	50
7.2. Базовый коммутатор .....	52
7.3. Ступени коммутационной системы станции .....	54
7.4. Абонентские модули .....	55
7.5. Управляющее устройство .....	59
7.6. Система технической эксплуатации .....	62
7.7. Общие принципы построения программного обеспечения .....	62
7.8. Последовательность установления соединения .....	63
Раздел 8. Коммутационная система Алкатель 1000 С 12 .....	64
8.1. Общие положения .....	64
8.2. Цифровое коммутационное поле .....	65
8.3. Структура ЦКП .....	70
8.4. Терминальные модули системы .....	71
8.5. Установление соединения .....	72
Раздел 9. Коммутаторы сетей АТМ .....	75
9.1. Общие сведения .....	75
9.2. Коммутаторы с коллективной памятью .....	77
9.3. Коммутаторы с общей средой .....	77
9.4. Коммутаторы с пространственным разделением .....	79
9.5. Матричные коммутационные структуры .....	79
9.6. Коммутаторы баньяновидного типа .....	80
Список литературы .....	82

Авксентьев Александр Анатольевич

Сафонов Вячеслав Леонидович

## **ОСНОВЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОММУТАЦИИ**

Учебное пособие

Корректурa авторов

Изд. лиц. серия ИД №04973 от 04.06.2001г.

Подписано в печать 01.02.2012 г. Бумага офсетная.

---

Гарнитура «Таймс». Формат 80x108 1/16. Усл. печ.л. 5,25.

Уч.- изд. л. 5.5. Печать ризографическая

Тираж 150. Заказ 002

Издательство ЗАО «Новое знание»

420029, РТ, г. Казань, ул. Сибирский тракт, 34, корп.10, офис 6.

---

Отпечатано с готового оригинал-макета

в типографии ООО «Олитех»,

420021, г. Казань, ул. Ахтямова, 1

**ISBN 978-5-89347-662-0**

